QK1
R44
1918
V.30

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME TRENTIÈME

PARIS
LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT
4, RUE DANTE, 4
1918

MISSOURI BOTANICAL
RECEIVED
SEP 6 1919
GARDEN LIBRARY

SHOUT
SHARE
IT

aj 44

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

REVUE GÉNÉRALE

DE

BOTANIQUE

DIRIGÉE PAR

M. Gaston BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A LA SORBONNE

TOME TRENTIÈME

PARIS
LIBRAIRIE GENERALE DE L'ENSEIGNEMENT
1, RUE DANTE, 1
—
1918

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Divers auteurs ont voulu voir dans la production par les végétaux de substances douées de propriétés toxiques pour les animaux, une défense de l'organisme végétal contre l'attaque des animaux.

Treub (1) publie sa manière de voir sur l'effet protecteur supposé de l'acide cyanhydrique. Il fait remarquer que, malgré la grande toxicité de l'acide cyanhydrique, les faits ne permettent pas d'affirmer que ce corps protège contre les animaux les plantes qui le produisent. Il constate que le *Pangium edule*, l'*Hevea brasiliensis*, le *Manihot utilissima*, le *Prunus javanica*, qui contiennent de l'acide cyanhydrique en proportions diverses, ne sont pas à l'abri des attaques de certains animaux. Au contraire, il semble dans quelques cas, que les glucosides cyanhydriques attirent les animaux ; c'est ainsi que les feuilles de *Prunus javanica* et les extrémités des rameaux de *Pangium edule*, riches en acide cyanhydrique, sont particulièrement attaquées par les animaux. Pour Treub, la toxicité de l'acide cyanhydrique et de ses composés vis-à-vis des animaux n'entre pas en ligne de compte dans le rôle physiologique que jouent ces substances chez les végétaux.

---

(1) Treub. Notice sur l'effet protecteur assigné à l'acide cyanhydrique des plantes. (*Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, 2ᵉ série, Vol. VI, pp. 107-114, 1907).

Ravenna et Peli (1), ont entrepris un certain nombre d'expériences sur le *Sorghum vulgare*, dont les résultats confirment ceux obtenus par Treub.

Ces auteurs dosent l'acide cyanhydrique d'une part dans des feuilles de *Sorghum vulgare* récoltées de grand matin, d'autre part dans des feuilles semblables récoltées le soir ; ou bien dans des moitiés de feuilles sectionnées le matin et dans les moitiés restantes cueillies le soir. Dans la plupart des cas Ravenna et Peli constatent que l'acide cyanhydrique augmente d'une façon très sensible au cours de la journée.

Ravenna et Peli ont également remarqué, comme Treub, que la production du principe cyanhydrique n'est pas influencée directement par la lumière solaire, mais qu'elle est en rapport direct avec la formation des corps résultant de la synthèse chlorophyllienne. Ainsi, en dosant l'acide cyanhydrique dans des feuilles de Sorgho qui viennent d'être récoltées et dans des feuilles aussi semblables que possible aux précédentes, récoltées en même temps, mais maintenues pendant plusieurs heures dans une cloche de verre fermée contenant de l'air, la base des feuilles plongeant dans une solution saline et ne renfermant pas d'hydrates de carbone, les auteurs constatent que les feuilles qui ont été dans l'impossibilité d'assimiler du carbone, quoique soumises à la lumière solaire, renferment moins d'acide cyanhydrique que les feuilles analysées aussitôt après leur récolte. Si on recommence la même expérience en faisant passer un courant d'air assez rapide dans la cloche, le lot de feuilles soumises à l'expérience renferme autant d'acide cyanhydrique que le lot témoin.

Une série d'expériences relative au rôle joué par les nitrates dans la cyanogénèse montre qu'il existe des rapports étroits entre l'absorption des nitrates par le Sorgho et la production du principe cyanhydrique, et confirme les observations faites par Brünnich sur la teneur élevée du Sorgho cultivé en terrain riche en nitrate, ainsi que les résultats des expériences réalisées par Treub avec le *Phaseolus*.

Ravenna et Peli adoptent l'opinion de Treub ; ils considèrent que rien ne s'oppose à admettre que dans le *Sorghum vulgare* l'acide prussique soit la plus simple substance organique reconnaissable dans la synthèse des substances protéiques.

---

(1) C. Ravenna et A. Peli. L'acido cianidrico e l'assimilazione dell' azoto nelle piante verdi. (*Gazzetta chim. italiana*, T. XXXVII, pp. 585-600, 1907).

En 1908, Guignard (1), dans une Note relative à l'évolution des composés cyanogénétiques pendant la germination des graines de *Phaseolus lunatus*, s'exprime de la manière suivante :

« Les glucosides contenus dans les graines sont généralement considérés comme des substances de réserve, susceptibles d'être utilisées, au même titre que les sucres, pendant la germination, et de concourir à la nutrition de la plante durant les premières phases de son développement. A vrai dire, cette opinion s'appuie plutôt sur une analogie de composition que sur l'expérience, et, en ce qui concerne spécialement les glucosides cyanhydriques, on ne possède pas encore, à ma connaissance, de données précises sur leur métamorphose au cours de la germination. »

L'auteur étudie la façon dont se comportent les principes cyanhydriques dans la graine de *Phaseolus lunatus* en voie de germination ; pour cela, il fait germer ces graines d'une part à la lumière, d'autre part à l'obscurité, et il dose l'acide cyanhydrique dans les jeunes plantules à divers stades de la germination.

« A l'obscurité, la proportion d'acide cyanhydrique obtenue et, par suite, celle du glucoside qui lui donne naissance diminuent d'environ 1/4 pendant la période germinative proprement dite. Cette diminution continue dans la suite, mais plus lentement ; au bout d'un mois, ..., la proportion de glucoside disparue atteint sensiblement 1/3 de la quantité primitive contenue dans la graine.

Il y a donc, comme on pouvait s'y attendre, une destruction progressive du glucoside ; mais, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, les 2/3 de la phaséolunatine se retrouvent encore dans les plantules étiolées une quinzaine de jours après la fin de la période germinative.

A la lumière, sa disparition commence à être compensée dès le dixième jour, par suite de la synthèse de l'acide cyanhydrique sous l'influence de la chlorophylle, et cette formation dans les feuilles s'accentue de plus en plus dans la suite du développement. »

---

(1) L. Guignard. Sur la métamorphose des glucosides cyanhydriques pendant la germination (*C. R. Ac. Sc.*, T. CXLVII, pp. 1023-1028, 1908).

L'auteur recherche ensuite si, pendant la destruction du glucoside au cours de la germination il y a mise en liberté d'acide cyanhydrique libre. Les analyses entreprises dans cette voie lui ont donné des résultats négatifs. Guignard en conclut : « Il semble donc que, si l'acide cyanhydrique prend naissance pendant la germination, par l'action de l'enzyme sur la phaséolunatine, il disparaît aussitôt formé pour entrer dans de nouvelles combinaisons. »

Sur les indications de Treub, de Jong (1) s'est proposé d'isoler la substance ou les substances cyanogénétiques contenues dans les feuilles du *Pangium edule*, et de rechercher si ces organes contiennent de l'acide cyanhydrique complètement libre. Ces recherches l'ont conduit à montrer qu'il existe dans les feuilles du *Pangium* un glucoside qui est identique à la gynocardine. Mais la plus grande partie de l'acide cyanhydrique s'y trouve à l'état libre. L'auteur n'a pu déterminer avec certitude si le glucoside et l'acide libre sont accompagnés d'acide cyanhydrique faiblement fixé sous une forme très instable comme Greshoff l'avait soupçonné.

Gerber et Cotte (2) ont mis en évidence chez le *Centaurea aspera* l'existence d'un glucoside à acide cyanhydrique. Les dosages de ce glucoside, effectués sur les diverses parties de la plante, ont permis aux auteurs de constater que ce sont en général les organes renfermant ou ayant renfermé de la chlorophylle qui contiennent le glucoside ; les feuilles sont les organes les plus riches ; les organes souterrains en sont dépourvus ou n'en contiennent qu'à l'état de traces. Les feuilles mortes de la base des tiges sont beaucoup moins riches que les feuilles vertes. Gerber et Cotte font remarquer que ces observations viennent à l'appui de la théorie de Treub. Ils ajoutent qu'elles sont d'autre part à rapprocher des résultats obtenus par Guignard dans l'étude de la teneur en acide cyanhydrique des feuilles de Sureau noir et de Passiflore blanc, la persistance du glucoside dans les feuilles mortes laissant dans le doute le rôle de substance de réserve que l'on serait tenté d'attribuer aux glucosides cyanogénétiques.

---

(1) A. W. K. De Jong. Quelques remarques sur les plantes cyanogènes. *(Ann. Jard. bot. Buitenzorg*, T. XXII, pp. 1-17).

(2) C. Gerber et J. Cotte. Une nouvelle plante à acide cyanhydrique. *(C. R. des séances de la Soc. de Biologie*, pp. 185-186, 1908).

Hébert et Heim (1) signalent des faits analogues chez l'*Arum maculatum*. Dans cette plante, l'acide cyanhydrique existerait dans les organes verts à l'état libre. Comme pour le *Centaurea aspera*, les parties dépourvues de chlorophylle ne fournirent pas d'acide. Dans les feuilles, la proportion augmente depuis la sortie de ces organes jusqu'au moment où la spathe s'ouvre ; la teneur en acide cyanhydrique diminue ensuite.

La paroi ovarienne renferme de l'acide cyanhydrique lorsqu'elle est verte. La spathe et le spadice n'en contiennent jamais.

Les auteurs font remarquer que la localisation de l'acide cyanhydrique dans les parties vertes concorde avec les théories qui attribuent à ce corps un rôle dans la formation des substances albuminoïdes.

Couperot (2) constate qu'au cours de la dessiccation lente des feuilles de *Sambucus nigra* et *S. laciniata*, il y a perte de glucoside cyanogénétique et d'azotate pouvant aller depuis un cinquième jusqu'à la moitié du poids primitif. L'auteur attribue cette diminution à ce que « les cellules continuent à vivre quelque temps et consomment les produits de réserve que contiennent les organes. » Il considère donc le glucoside cyanogénétique des *Sambucus* comme un produit de réserve.

En 1909, Treub (3) publie un nouveau Mémoire relatif à ses recherches sur la cyanogénèse. Ses travaux ont porté cette fois sur le *Sorghum vulgare*, l'*Indigofera galegoides*, plusieurs espèces de *Passiflora*, l'*Alocasia macrorhiza*, l'*Hevea brasiliensis* et le *Prunus javanica*.

Treub constate que les pieds de *Sorghum vulgare* développés en terrain sec sont beaucoup plus riches en acide cyanhydrique que ceux développés à l'humidité, ce qui explique la plus grande toxicité des premiers.

---

(1) Hébert et Heim. La production de l'acide cyanhydrique chez *Arum maculatum*. (*Ass. franç. Av. Sc.*, pp. 352-353, 1909).

(2) E. Couperot. Pertes en nitrates et en acide cyanhydrique chez les plantes qui en renferment, pendant leur dessiccation. (*Journ. de Pharm. et de Chimie*, 6ᵉ série, T. XXIX, 1909).

(3) Treub. Nouvelles recherches sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans les plantes vertes. III. (*Annales du Jardin botanique de Buitenzorg*, 2ᵉ Série, Vol. VIII, pp. 85-118, 1909).

Nous avons vu que Brünnich avait constaté l'augmentation de l'acide cyanhydrique dans le Sorgho, à la suite d'une fumure avec le nitrate de soude. Ravenna et Peli ont confirmé ce fait par leurs travaux sur la même plante. Enfin Treub lui-même a antérieurement montré expérimentalement le rôle joué par les nitrates dans la cyanogénèse en opérant sur le *Phaseolus lunatus.* Il répète ses expériences avec le Sorgho, et constate le même phénomène; il remarque encore ici que, dans certains cas, le traitement par les nitrates provoque au contraire une diminution de l'acide cyanhydrique : c'est lorsque les plantes croissent très rapidement du fait de la présence des nitrates; dans ce cas l'acide cyanhydrique doit être utilisé à mesure qu'il se forme.

La teneur en acide cyanhydrique diminue dans les jeunes plants de Sorgho au cours de leur développement, mais cette diminution paraît être beaucoup plus rapide sous le climat de Java que sous celui de Bologne où ont été faites les expériences de Ravenna et Peli.

Treub conclut de ses recherches sur le Sorgho que « *parmi les plantes à acide cyanhydrique, il n'y en a peut-être pas une seule où le caractère de substance plastique du principe soit aussi prononcé que dans le* Sorghum vulgare. Et : *nulle part, ce me semble, le fait ne saute aussi clairement aux yeux que dans le* Sorghum, *que l'acide cyanhydrique, trouvé à un moment donné dans la plante, dépend du bilan entre sa formation et sa transformation.* »

. . . .

« L'hypothèse, suivant laquelle l'acide cyanhydrique constitue, dans les plantes vertes, le premier produit reconnaissable de l'assimilation de l'azote — sinon le premier composé organique azoté qui se forme — a pour conséquence, que cet acide, quelle que soit la forme sous laquelle il est engagé, doit se comporter dans la plante comme une substance nutritive ». Dans le Sorgho, le cas pour Treub n'est pas douteux. D'accord avec cette hypothèse, les principes cyanhydriques disparaissent des feuilles avant la chute dans la plupart des cas; quelques rares exceptions ont été signalées : le *Sambucus nigra* et le *Passiflora cærulea,* d'après Guignard, l'*Indigofera galégoides,* d'après Treub ; la teneur en acide cyanhydrique se maintient à peu près égale dans les feuilles de ces plantes pendant toute la durée de la végétation et même au moment de la chute. Treub fait remarquer que ces exceptions ne détruisent pas la valeur de son hypothèse, car les glucosides perdus pour la plante avec les feuilles entraînent la perte du glucose qu'ils renferment et cependant on n'en déduira pas que le glucose n'a pas d'importance nutritive pour la plante. De plus, « il est possible que ces glucosides, comme tels, ou les corps qui les composent, prennent une part plus ou moins active au métabolisme de la feuille, de telle façon que formation et transformation se balancent. Ce bilan resterait à peu près le même jusqu'au dernier moment, et alors les éléments actifs de la feuille manqueraient d'énergie pour éviter la perte des principes nutritifs, en les faisant émigrer vers la tige », ou en les utilisant.

Treub cite à ce propos le travail de Couperot dont nous avons parlé plus haut. Il a fait sur ce sujet avec la collaboration de De Jong les expériences suivantes sur l'*Indigofera galegoides*. Des folioles, constituant la moitié de plusieurs feuilles, sont placées en couche mince dans le fond d'un cristallisoir avec une coupelle renfermant de la potasse. On recouvre d'un autre cristallisoir et on laisse à l'obscurité pendant trois à quatre jours. On dose alors l'acide cyanhydrique contenu dans ces folioles ; d'autre part, on a effectué le même dosage au moment de la récolte sur les folioles constituant l'autre moitié des feuilles. On constate qu'au cours de l'expérience l'acide cyanhydrique a diminué dans les feuilles traitées. Or, ce corps ne s'étant pas échappé à l'état gazeux, la potasse n'en ayant pas fixé, il semble bien qu'il ait été consommé par les cellules.

Dans le but de réunir de nouvelles données sur la cyanogénèse chez les *Passiflora* dont une espèce a déjà été étudiée par Guignard à ce point de vue, Treub dose l'acide cyanhydrique dans cinq espèces appartenant à ce genre, d'une part dans les jeunes feuilles, d'autre part dans les vieilles feuilles. De plus, pour une sixième espèce, le *Passiflora fœtida*, il détermine la teneur en acide cyanhydrique à quatre stades de la vie de la feuille. Il résulte de ces dosages que « pendant toute la période active de la vie des feuilles, l'acide cyanhydrique ne diminue en général pas beaucoup. La diminution ne s'accentue qu'au moment où la chute est proche. » Les *Passiflora* étudiés se comportent donc, sous le climat de Java, d'une manière différente du *Passiflora cærulea* sous le climat de Paris ; tandis que des feuilles de ce dernier conservent leur acide cyanhydrique au moment de la chute, les premiers en perdent une proportion notable.

Treub a répété avec succès sur le *Passiflora fœtida* l'expérience faite antérieurement sur les feuilles de *Phaseolus lunatus*, et consistant à faire perdre aux feuilles leur acide cyanhydrique par une exposition à une très faible lumière, et à faire réapparaître cet acide en replaçant les feuilles à une bonne lumière.

Les dosages effectués antérieurement sur les feuilles panachées de *Dieffenbachia* ont permis à Treub de constater que les parties vertes renferment quatre fois plus d'acide cyanhydrique que les parties jaunâtres. L'étude microchimique comparative des parties vertes et des parties blanches des feuilles de l'*Alocasia macrorhiza* l'amène à des constatations de même ordre. Les parties blanches renferment beaucoup moins d'acide cyanhydrique que les parties vertes.

Les mêmes observations ont été faites sur l'*Hevea brasiliensis ;* les parties jaunes des feuilles renferment moins d'acide cyanhydrique que les parties vertes. Treub a pu constater d'autre part que les feuilles de cette plante se vident de leur acide cyanhydrique avant de tomber.

De nombreux dosages effectués sur le *Prunus javanica* montrent que chez cette plante également l'acide cyanhydrique diminue dans les feuilles depuis leur très jeune âge jusqu'à la fin de leur vie. La lumière agit sur la cyanogénèse chez ce *Prunus* comme chez les autres plantes ; toutefois les résultats sont un peu moins probants que pour le *Passiflora* et le *Phaseolus*.

Treub relate enfin quelques expériences relatives à l'action de l'eau bouillante sur les feuilles de plantes à acide cyanhydrique, et en conclut que la forme glucosidique est la forme cyanhydrique prédominante non seulement dans les graines, mais aussi dans les feuilles.

En rapport avec l'opinion de Treub sur le rôle de l'acide cyanhydrique dans la genèse des substances albuminoïdes, Jorissen (1) signale un certain nombre de faits d'ordre exclusivement chimique qui peuvent éclairer le mode de formation de l'acide cyanhydrique dans les tissus végétaux. On sait que l'acide azotique peut produire de l'acide cyanhydrique en agissant sur certains composés organiques, mais les conditions dans lesquelles cette production a lieu sont peu compatibles avec la vie cellulaire. Il indique un certain nombre de réactions dans lesquelles l'acide cyanhydrique prend naissance à la température ordinaire et en présence d'acide azotique à une concentration semblable à celle des acides dans certains fruits. C'est ainsi qu'une solution de morphine dans un grand excès d'acide azotique dilué, laissée pendant quelques jours à la température ordinaire, donne naissance à de l'acide cyanhydrique. Le même phénomène se produit avec la brucine, et surtout avec la vanilline, substance assez répandue dans le règne végétal. La présence d'urée empêche ces réactions de se produire. Les essais effectués en faisant agir l'acide azotique dilué sur l'hydroquinone, la pyrocatéchine, la résorcine, le saccharose et le lactose ont donné des résultats négatifs.

---

(1) A. Jorissen. Recherches sur la formation de l'acide cyanhydrique chez les végétaux. (*Bull. Acad. roy Belgique*, Classe des Sciences, pp. 224-233, 1910).

Van Itallie (1), qui avait antérieurement étudié la cyanogénèse chez le *Thalictrum aquilegifolium* (2) fait connaître de nouveaux résultats relatifs à la présence de l'acide cyanhydrique dans cette plante et dans plusieurs autres appartenant au même genre. Chez le *Thalictrum aquilegifolium*, l'acide cyanhydrique existe à l'état libre dans les feuilles. Il existe à l'état combiné, probablement sous forme de glucoside, dans les feuilles, les tiges, les fleurs et les graines. Dans les organes souterrains, l'acide cyanhydrique n'existe ni à l'état libre ni sous forme glucosidique. La teneur en acide cyanhydrique ne paraît pas varier beaucoup suivant l'époque de l'année.

Ravenna et Tonnegutti (3) dosent l'acide cyanhydrique chaque semaine pendant l'hiver dans les feuilles de *Prunus Laurocerasus*. Ils constatent que cet acide s'y trouve exclusivement à l'état glucosidique. D'autre part, les auteurs étudient la variation de l'acide cyanhydrique dans les feuilles au cours d'une dessiccation lente ; ils récoltent des feuilles de Laurier-cerise et en font deux lots aussi semblables que possible ; dans l'un ils dosent l'acide cyanhydrique aussitôt après la récolte ; les feuilles constituant l'autre lot sont pla-

---

(1(Van Itallie. Die Blausäure in der Gattung *Thalictrum*. (*Arch. Pharm.*, T. CCXLVIII, p. 251, 1910).

(2) Van Itallie. (*Arch. Pharm.*, T. CCXLIII, 1905).

(3) Ravenna et Tonnegutti. Alcune osservazioni su la presenza dell' acido cianidrico nelle piante. (*Rendic. Accad. Lincei*, T. XIX, pp. 19-25, 1910).

cées sous une cloche de verre en présence de chlorure de calcium ; un morceau de papier picro-sodé est introduit dans la cloche où il demeure jusqu'à la fin de la dessiccation. Le dosage de l'acide cyanhydrique effectué sur les feuilles ainsi desséchées indique qu'au cours de l'opération cet acide a diminué d'une manière très notable ; cependant le papier picro-sodé n'ayant pas viré indique qu'il n'y a pas eu dégagement d'acide cyanhydrique dans l'air de la cloche. Ravenna et Tonnegutti en concluent que le glucoside cyanhydrique disparu a été employé dans la nutrition des éléments cellulaires des feuilles pendant le temps qu'ils ont conservé leur vitalité plus ou moins complète au cours de la dessiccation lente.

Ravenna et Zamorani (1) étudient les variations de la teneur en acide cyanhydrique du Sorgho sous des influences diverses. D'après ces auteurs, si l'on admet que la diminution de l'acide cyanhydrique est due à la formation de composés albuminoïdes, cette formation est indépendante de la présence d'asparagine, car on constate encore une diminution de la teneur en acide cyanhydrique après l'introduction d'asparagine à l'état solide dans les pieds de Sorgho.

Ravenna et Zamorani adoptent l'opinion de Treub à propos de l'inefficacité de la présence d'acide cyanhydrique dans les plantes comme protection contre l'attaque des animaux, les feuilles de Sorgho étant souvent attaquées par les insectes malgré leur richesse en glucoside cyanogénétique.

En étudiant la teneur en acide cyanhydrique dans des germinations de *Sorghum vulgare* et dans celles d'une race de *Linum* riche en acide cyanhydrique, Ravenna et Zamorani (2) ont obtenu des résultats semblables à ceux exposés par Soave à propos de la germination des amandes et des graines de *Mespilus japonica*. Chez ces deux plantes, il y a formation d'un peu d'acide cyanhydrique au cours de la germination des graines à l'obscurité ; un apport de glucose augmente la teneur en composé cyanique. Les auteurs font remarquer que ce résultat est en faveur de l'opinion d'après laquelle l'acide cyanhydrique prendrait naissance aux dépens du glucose et de quelque composé inorganique, peut-être l'ammoniaque.

(1) Ravenna et Zamorani. Nuove ricerche su la funzione fisiologica dell' acido cianidrico nel *Sorghum vulgare*. (*Ann. di Bot.*, T. VIII, pp. 51-61, 1910).

(2) Ravenna et Zamorani. Sulla formazione dell' acido cianidrico nella germinazione dei semi. (*Rendic. Accad. Lincei*, T. XIX, pp. 356-361, 1910).

Walther, Krasnosselsky, Maximow et Malcewsky (1) étudient la répartition de l'acide cyanhydrique dans les jeunes pousses des *Bambusa*. Ils constatent que dans ces pousses les extrémités en croissance n'en contiennent pas, les bourgeons en renferment peu, mais les parties immédiatement voisines des extrémités en croissance et les parties des entre-nœuds voisines des bourgeons sont au contraire extrêmement riches. L'acide cyanhydrique semble s'y trouver sous une forme très instable, mais il n'y a pas ou presque pas d'acide libre. D'après les auteurs, cette répartition particulière mise en évidence dans leurs recherches montrerait que l'acide cyanhydrique se comporte comme une substance plastique cheminant vers les points où la croissance est intense.

Les feuilles complètement développées, et même les feuilles jeunes sont dépourvues d'acide cyanhydrique.

---

(1) O. Walther, T. Krasnosselsky, N. A. Maximow, W. Malcewsky. Ueber den Blausäuregehalt der Bambusschösslingue. *(Bull. Dep. Agr. Ind. néerl.,* T. XLII, 1910).

(A suivre)

DÉVELOPPEMENT PRIMAIRE
DU MILDIOU (*PHYTOPHTORA INFESTANS*)
AU COURS DE LA VÉGÉTATION DE LA POMME DE TERRE

par **M. Jakob ERIKSSON**

(suite)

Les échantillons de 1911 furent récoltés, le 7 septembre, dans un jardinet, près de Kristianstad, par mon assistant d'alors C. Hammarlund. La fixation, pour laquelle on utilisa, cette fois, le mélange de Flemming, fut faite d'abord sur place lors de la récolte du matériel (n^{os} 745-749), et ensuite, le jour d'après, à Experimentalfältet (n^{os} 750-754). Quoique le matériel fût recueilli bien avant dans la saison, il ne souffre pas de doute qu'il s'agissait, même en ce cas, des taches primaires de la maladie. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, l'intensité de la maladie était, cette année-là, fort peu considérable. Le petit jardin, nommé tout à l'heure, était le seul endroit où le feuillage des Pommes de terre montrât quelques taches malades. Dans les environs, toutes les cultures de Pommes de terre présentaient un feuillage parfaitement indemne. Au centre et au nord de la Suède, il en était de même ; autant que je sais, c'est à peine si l'on y pouvait découvrir la maladie. On peut en tirer la conclusion que les conditions extérieures de l'année en question étaient extrêmement défavorables au développement du Champignon.

En 1911, on suivit en partie d'autres principes en choisissant les échantillons qui devaient être fixés. Pour la fixation, qui allait avoir lieu à la place de la récolte même, des portions furent découpées, en partie dans la zone couverte de velouté grisâtre, en partie dans la région verte se trouvant à une distance de 10 millimètres du pourtour de la tache malade. De plus, on découpa, non seulement des portions d'une feuille à aspect sain, mais encore des parties de pétioles dont quelques-uns avaient porté des folioles malades, d'autres des folioles saines.

A la fixation, le lendemain (8/9), à Experimentalfältet, la matière paraissait avoir conservé toute sa fraîcheur. On mit alors en œuvre une division plus détaillée de la tache. Dans une tache malade, telle qu'elle se présente au premier jour de l'éruption automnale, on peut remarquer plusieurs zones distinctes : *a)* une zone centrale sombre, d'une coloration brune virant vers le noir, *b)* en dehors de celle-ci une zone couverte d'un velouté grisâtre, *c)* une zone d'un vert pâle, ne portant pas de moisissure et enfin *d)* une région saine se trouvant à une distance de 10 millimètres de la seconde zone *(b)*. Dans chacune de ces zones, des portions furent découpées pour la fixation. En même temps, on recueillit quelques parties du pétiole d'une foliole malade.

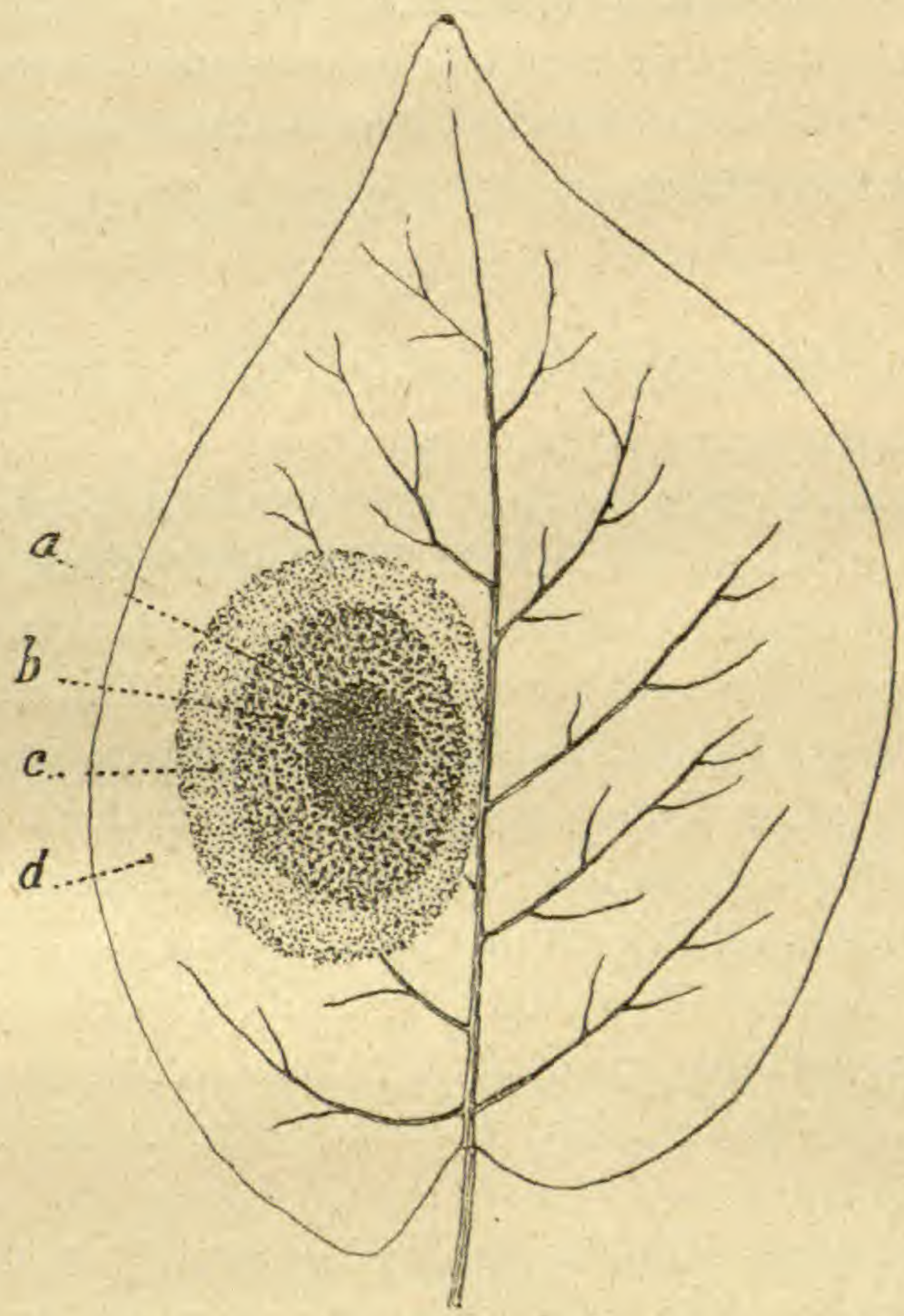


Fig. 5. — Figure schématique d'une foliole de Pomme de terre présentant une tache de la maladie primaire. On distingue les différentes zones. (Voir le texte).

Le tableau ci-dessus (Tome 29) donne un aperçu général des fixations de ces deux années.

Pour la coloration des coupes faites à l'aide du microtome dans les tissus foliaires, nous avons, dans la plupart des cas, employé le procédé de Flemming. Pour un petit nombre de préparations, la méthode de Heidenhain a été utilisée.

Je vais résumer ici les résultats de ces expériences. Les organes examinés — pétioles et limbes — seront traités séparément. Commençons par les pétioles.

b) PÉTIOLES

Renferment-ils le mycélium ou non?

La source réelle de l'éruption automnale du Champignon sur les feuilles est-elle à chercher dans un mycélium persistant dans le tubercule et croissant en suivant le développement de la plante ? Dans le but de résoudre cette question tant débattue, des portions de pétioles furent fixées et immergées. Il est évident que si une progression du mycélium, à l'intérieur de la plante, a vraiment lieu et que ce mycélium soit une phase normale du cycle du Champignon, ce sont les pétioles qui doivent ouvrir la porte au parasite. Par suite de leur dimension rétrécie ils sont plus faciles à fouiller que ne l'est la tige plus épaisse. Un examen scrupuleux de ces pétioles aurait donc l'avantage d'être probant. Les pétioles contiennent-ils ou non le mycélium du Champignon? Voilà la première des questions qui se posent.

Les portions de pétioles immergées dataient toutes de 1911, année où l'éruption de la maladie n'avait eu lieu sur les feuilles qu'au début de septembre. Il faut donc admettre une période de santé d'au moins 4 mois, à compter du jour de la plantation des Pommes de terre. Les pétioles choisis avaient porté ou bien des folioles couvertes de taches (n^os^ 747 et 754), ou bien des folioles indemnes (n° 749).

Dans ces tissus, on fit des séries de minces coupes, mesurant 7 μ d'épaisseur. Après une coloration spéciale, suivant le procédé de Flemming, elles furent étudiées au microscope. Les coupes étaient longitudinales. Elles étaient au nombre de 500 pour le moins; la moitié en étaient assez bien réussies pour qu'on pût s'en faire une idée bien nette.

L'examen microscopique ne nous permit de découvrir *de mycélium ni dans les pétioles des folioles malades, ni dans ceux des folioles indemnes.*

La plupart des auteurs récents se refusent à admettre le bien fondé de la théorie d'un mycélium persistant et suivant le développement de la plante. Les résultats que je viens d'énoncer confirment cette opinion et montrent que *la théorie mycélienne est insuffisante pour expliquer l'hivernation du Champignon.* D'un autre côté, ces résultats n'infirment pas l'existence éventuelle d'un mycélium dans des pousses provenant de tubercules contaminés par inoculation accidentelle ou artificielle à l'aide des spores du Champignon. Un grand nombre d'auteurs ont trouvé un tel mycélium se développant avec la plante qu'il a couverte de ses fructifications après une période d'incubation de quelques semaines seulement. Il y a à remarquer qu'une telle éruption de maladie n'est pas le résultat de l'évolution normale du parasite, comme celle-ci se présente dans les conditions de la pratique dans les cultures. Par conséquent, elle ne renferme point la solution du problème de l'hivernation du Champignon de la Pomme de terre.

c) TACHES FOLIAIRES PRIMAIRES

α) *Oospores du Champignon.*

L'examen des pétioles avait établi qu'il n'y avait, dans le cas présent, aucun mycélium vivace auquel on pût attribuer l'éclosion de la maladie sur les limbes. Dès lors, il fallait s'assurer si la tache, elle-même, c'est-à-dire les tissus plus ou moins désorganisés de celle-ci, ne pourrait nous aider à élucider l'origine de la lésion.

C'est pourquoi un très grand nombre — assurément des milliers — de coupes des deux années en question (1905 et 1911) furent examinées au microscope plusieurs fois de suite. Cet examen répété nous permit de constater que la lésion débutait toujours, comme nous l'avions soupçonné, au centre de la tache. Par suite, la désorganisation des tissus y était toujours plus avancée. Les cellules étaient détruites ou à peu près, et c'était à peine si l'on pouvait distinguer la structure intérieure des tissus. L'épiderme seul restait encore, sur les deux faces de la feuille, à peu près indemne et entier. Plus on s'éloignait du centre de la tache, plus les tissus, et les cellules dont étaient formés ceux-ci, devenaient facilement reconnaissables.

Autour de la tache, la partie vert foncé de la feuille gardait toujours — du moins à un grossissement moins fort — un aspect normal et sain.

Le premier résultat important de ces examens fut la découverte *d'oospores bien développées, dans les parties desséchées ou à demi-desséchées de la tache*. Ces oospores étaient isolées ou réunies par groupes (2 à 3) dans le reste du parenchyme spongieux de la feuille. En général, elles étaient localisées au voisinage immédiat de l'épiderme inférieur et des stomates très nombreux de celui-ci ; quelquefois on les trouvait même étroitement serrées contre cet épiderme. La situation des oospores ressort des microphotographies (Pl. 4 et 5, Tome 29, fig. 1-4). Elles étaient globuleuses, mesurant 20 à 38 μ de diamètre et entourées d'une membrane épaisse et lisse, sans renflements, ni verrues. Leur contenu était légèrement granuleux ; il fut coloré sensiblement par les colorants utilisés pour la préparation. A l'intérieur des oospores, on distinguait souvent trois à plusieurs amas de substances ayant l'apparence de noyaux (Pl. 4 et 5, Tome 29, fig. 3).

D'où dérivent ces oospores ? Proviennent-elles du dehors ou sont-elles produites dans la feuille elle-même ? Est-il vrai qu'il faille les rapporter au Phytophtora infestans? Voilà des questions qui se posent immédiatement. C'est donc de la solution de celles-ci que je veux m'occuper tout d'abord.

Commençons par la question d'une origine extérieure, en dehors de la plante ! Il est hors de doute que cette éventualité est rendue inadmissible déjà par la dimension même des oospores. Comme nous l'avons déjà dit, la désorganisation des tissus internes de la feuille est plus ou moins complète. D'un autre côté, il est de fait que l'épiderme reste toujours, aux deux faces de la tache, entier et uni ; sauf les stomates, on n'y trouve pas de trous ni de fentes. En les comparant aux oospores, les stomates sont cependant beaucoup trop petits pour permettre l'entrée des oospores. Par la description que nous allons donner plus loin de l'évolution générique de ces oospores, l'origine endogène en est encore plus clairement mise en évidence.

Or, si tant est que de telles spores existent vraiment, dans la nature, comment se fait-il qu'elles n'ont pas été observées pendant les 70 ans qui se sont écoulés dès l'époque où les investigateurs des différents pays se mirent à l'étude de ce Champignon ? En effet, elles n'ont point été pendant tout ce temps sans être remarquées. On les a vues de temps à autre, on les a signalées, mais toujours d'une manière vague ou incorrecte. Peu à peu enfin, elles sont tombées dans l'oubli.

A mon avis, il ne souffre pas de doute que les formations trouvées par Worthington Smith dans la feuille de Pomme de terre dépérissante ne soient pas parfaitement identiques à celles que je viens de décrire. C'est en 1875 (I, 35 et 101 ; fig. 19) que cet auteur en parle pour la première fois. Il les décrit et les reproduit sous le nom de spores de repos (« resting-spores »), destinées à assurer la vie hivernale du Champignon (« carry on the winter-life of the fungus »). Toutefois, ce savant n'en connaît pas de germination immédiate telle que je viens de la signaler. Dans deux publications de l'année suivante (1876), Smith (II, 10 ; III, 39) donne les détails du développement ultérieur de ces oospores. Des feuilles de Pomme de terre gravement envahies, recueillies à l'automne 1875, avaient été pendant quelque temps abandonnées à l'humidité dans une soucoupe, mise sous une cloche de verre. Les oospores, nées pendant ce temps en nombre infini, furent conservées, durant tout l'hiver, dans des bouteilles bouchées, remplies d'une décoction de fumure. En ouvrant les bouteilles, en avril 1876, on trouva les spores déposées sur le fond et capables de germer. Durant les neuf mois qui s'étaient écoulés, elles avaient augmenté leur volume du double et avaient, en outre, changé d'aspect. De lisses et à demi-hyalines qu'elles avaient été (« almost smooth, semi-transparent bladders »), elles étaient devenues brunes, verruqueuses et échinulées (« brown, more or less rough wasted or echinulate spheres »). Ces éléments mûrs, de coloration brune, se présentaient, dit Smith, avec des caractères parfaitement analogues à ceux qu'il avait rencontrés chez les formations peu abondantes de l'année précédente en juin et en juillet. Dans ce qui suit, il ajoute cependant que deux espèces de corpuscules avaient été observés, l'année précédente ; les uns hyalins et lisses, les autres bruns et munis de fines aspérités à la surface. Ces éléments entremêlés constituaient, selon l'opinion de Smith, divers stades de développement des mêmes spores de repos. Toujours est-il qu'en ce cas il avait fallu tout un an pour que les oospores fussent parvenues à leur maturité. Mais il n'est pas nécessaire, dit-il, d'en déduire la conséquence que la chose se passe toujours de la même manière. Il se peut, au contraire, que, dans la nature et sous l'action de circonstances différentes, elles puissent mûrir rapidement (« rapidly »). Jusqu'ici, personne n'a pu mettre en évidence comment ces spores ont été amenées dans les feuilles, mais il est à présumer que l'humidité, au début de l'été, en a causé l'apparition.

Des phénomènes analogues à ceux que nous venons de signaler furent observés en 1875, en juillet. Il ne s'agissait pas cette fois d'oospores provenant de feuilles atteintes mais, au contraire, d'oospores qui tiraient leur origine de tubercules malades. Ces oospores germaient, au printemps suivant (avril 1876), après une période de repos d'environ neuf mois.

La germination de ces oospores, illustrée par de nombreuses figures, fut décrite en détail par Smith (III, 40 ; IV, 307). Elle eut lieu en avril et se fit par production de zoospores. Celles-ci prirent naissance dans l'oospore et furent mises en liberté par la dissolution de la membrane de celle-ci ou par une ouverture dans cette membrane. Chaque zoospore émet un filament germinatif. Un peu plus tard, en mai, un certain changement se fit dans la germination. Dès lors, l'oospore poussa directement un ou quelquefois deux à trois filaments germinatifs épais, simples ou parfois ramifiés.

En Angleterre, les publications de Smith attirèrent, tout de suite, une grande attention. Pendant les mois qui suivirent, les revues spéciales et les journaux étaient pleins d'articles traitant ce sujet. La Société royale d'Horticulture d'Angleterre couronna la découverte de Smith de sa médaille « Knight » en or.

Toutefois, les corpuscules de Smith ne devaient pas garder bien longtemps le rang que leur avait assigné cet auteur, c'est-à-dire la spécificité d'être les vraies spores durables du mildiou de la Pomme de terre, grâce auxquelles le problème de l'hivernation de ce Champignon serait résolu d'une manière satisfaisante. Sous peu la théorie de Smith fut abandonnée, ce qui est sans doute à attribuer à un concours de circonstances.

Une des principales causes en fut sans doute la critique mordante qui lui fut faite par de Bary. Selon les opinions alors régnantes dans le monde scientifique, cette critique était suffisante pour ébranler les explications données par Smith sur l'hivernation du mildiou. Par la Société royale d'Agriculture d'Angleterre, de Bary avait été chargé de l'éclaircissement du cycle de développement du Champignon de la Pomme de terre. Il s'acquitta de sa tâche en donnant un rapport détaillé sur la matière. Ce rapport fut publié d'abord, en 1876, dans la Revue de la Société et ensuite en d'autres journaux anglais spéciaux. L'auteur de la critique, qui s'était accrédité comme le mycologue le plus compétent de son temps, soutenait, comme nous l'avons signalé, que les oospores du *Phytophtora infestans* que Smith avait cru trouver n'étaient, en réalité, point à rattacher à ce Champignon. Il s'agissait au contraire, suivant de Bary, des œufs d'une autre Péronosporée, du genre *Phythium,* dont la présence dans les préparations microscopiques était accidentelle.

La théorie de Smith, appuyée par les auteurs anglais M.-J. Berkeley, J.-E. Vize et C.-B. Plowright était donc en complet désaccord avec l'opinion de de Bary, confirmée par les savants allemands O. Brefeld, P. Magnus, L. Kory et L. Wittmack. Ce fut l'hypothèse de de Bary qui remporta la victoire sur celle de Smith, laquelle finit, sous peu, par perdre ses adhérents anglais eux-mêmes.

Enfin, il y avait une circonstance qui contribua, pour sa part, à condamner la théorie de Smith. Lorsqu'il s'agissait de donner des explications satisfaisantes des phénomènes observés, elle offrait plusieurs points faibles, bien faciles à mettre en évidence. Les spores trouvées dans les feuilles, comment y étaient-elles amenées ? C'était là une question toujours obscure qui n'avait point été traitée par Smith. Lui-même avait peine à croire — bien qu'il ne pût se défendre de penser qu'il en était ainsi — que les spores en question pouvaient vraiment germer aussitôt formées. Plus tard (1884), il abandonna, tout de même, cette opinion. Dès lors, il dit (IV, 304) : « Une germination rapide ne s'accorde pas bien avec les oogones du Champignon de la Pomme de terre. Celles-ci ne germent jamais aussitôt formées mais persistent dix mois, tout en augmentant de volume et en devenant verruqueuses et échinulées. » Evidemment, il s'appuyait sur sa découverte de telles formations dans les tubercules mêmes qui, laissés dans le sol durant tout l'hiver, avaient été examinés en mars ou en avril de l'année suivante (1).

---

(1) Je n'ai pas eu l'occasion de vérifier la présence des oospores dans les tubercules qui, de l'année précédente, ont été laissés à hiverner dans le sol. Par conséquent, je n'ose pas me prononcer sur l'origine éventuelle de ces spores. Les résultats de mes propres examens de feuilles malades — résultats que je vais exposer dans ce qui suit — m'ont cependant amené à penser que les spores trouvées par Smith dans des tubercules ayant persisté dans le sol ne datent pas de l'arrière-saison mais se sont, au contraire, formées au printemps, dans les tubercules eux-mêmes. Par conséquent, elles ne sont pas les spores de repos du

La critique de de Bary, et les faiblesses évidentes, sous plusieurs points de vue, des explications de Smith amenèrent pour résultat que cette théorie perdit bientôt ses adhérents et tomba, peu à peu, presque entièrement dans l'oubli.

L'idée de la présence, dans la nature, des spores de repos du Champignon de la Pomme de terre n'était pourtant pas écartée à tout jamais. En 1882, Wilson (I, 460 et 525; fig. 76-78) décrivit et reproduisit, sous le nom de « sclérotes », certaines formations, en partie parfaitement identiques aux oospores que j'ai trouvées moi-même. Dans une feuille atteinte, c'était surtout la portion contiguë à la tache sombre qui faisait voir de tels éléments. Ils y apparaissaient sous la forme de corpuscules arrondis, intimement noyés dans le parenchyme spongieux de la feuille. Ayant passé par un certain processus de maturation (« apogestation »), ils germaient en produisant un à plusieurs filaments mycéliens. Ceux-ci germaient aussitôt leur maturité, en passant par les stomates voisins. Ils se ramifiaient et donnaient naissance à des conidies à la façon qui suffit à elle seule pour caractériser le Champignon de la Pomme de terre. Cependant, Wilson ne pouvait, pas plus que Smith, donner une explication satisfaisante de l'origine de ces éléments dans les feuilles, ni de leur rôle dans le cycle du Champignon. Sous de telles conditions, nous ne pouvons pas nous étonner qu'on n'ait pas donné croyance aux énoncés de Wilson et qu'on n'ait point accepté pour fondée sa théorie des spores de repos du mildiou, dans la nature, à l'intérieur du pied de Pomme de terre. La critique de de Bary subsiste donc toujours, et les explications de Smith semblent à jamais réfutées.

β) *Origine sexuée des oospores.*

Il était à présumer que les oospores étaient le résultat d'une union de deux filaments mycéliens de sexe différent, l'un mâle, l'anthéridie, l'autre femelle, l'oogone. Cette supposition fut aussi confirmée par l'examen répété de nombreuses coupes faites dans la zone vert pâle et dans celle couverte du velouté grisâtre. La fig. 5 des Pl. 4 et 5, Tome 29, montre une *anthéridie* longipédicellée (♂) qui s'unit avec une *oogone* presque globuleuse (♀). La fig. 6 des Pl.

Champignon, mais une phase vernale de développement de très courte durée, correspondant au stade automnal des oospores des taches primaires foliaires.

4-5 et les fig. 54-55 des Pl. 14-15 font voir d'autres actes de fusion. *L'acte sexuel aboutit à la formation d'une oospore à membrane épaisse* (Pl. 4-5, fig. 1-4 ; 8 *c*).

γ) *Germination des oospores.*

L'évolution ultérieure des oospores, dans les parties centrales des taches primaires des feuilles, met en évidence qu'elles sont vraiment à rapporter au *Phytophtora infestans*. Dans les mêmes coupes, où l'on trouve ces spores, on en observe aussi souvent la germination. A mesure que la désorganisation pénètre les tissus du parenchyme de la feuille, les oospores se rendent à l'épiderme inférieur et aux stomates auprès desquels elles ont surtout tendance à s'arrêter. Ayant atteint l'ostiole d'un stomate, *les oospores germent de suite*. De là vient qu'elles ne sont point à regarder comme des spores de repos (spores d'hiver), ayant la mission d'assurer la persistance de l'espèce d'une année à l'autre. Car nous savons que ces spores ne germent qu'au printemps qui suit leur formation pour donner ensuite naissance à une nouvelle végétation parasitaire et à une nouvelle éruption de maladie. *Elles sont, au contraire, de vraies spores d'été, dont la vie est de très courte durée.* Parvenues à leur développement complet, elles ne vivent que quelques heures.

A la germination, la partie de la spore qui a été en contact avec les cellules stomatiques se modifie suivant la forme de l'ostiole en *un prolongement mince, tronqué au sommet, sortant par le stomate*. La fig. 9 *a* et *b* des Pl. 4-5 montre ce stade de germination tant qu'il est encore jeune ; la premiére de ces figures est une microphotographie, l'autre un dessin à la main. Le prolongement vient d'atteindre l'ostiole extérieur du stomate. Vers le bout intérieur de l'oospore, on voit le reste de l'anthéridie fécondatrice, phénomène qui n'est point rare et qui se présente aussi à notre vue sur la fig. 10 *a* et *b*.

Cette dernière figure décèle une phase de développement ultérieure. En ce cas, le filament mycélien est déjà sorti par le stomate. Cette figure, comme aussi la plupart des figures données dans ce qui suit (Pl. 6-7, fig. 13-20), fait voir la pénétration des filaments par les stomates de la face inférieure. La fig. 11 seule fait une exeeption à cette règle. Elle met devant les yeux la sortie du filament mycélien par un stomate de la face supérieure de la feuille. Ce qu'il y a d'assez singulier, c'est qu'en ce cas le filament ayant passé par le stomate, se rejette immédiatement par le côté, comme s'il s'y sentait moins à son aise, chose qui est peut-être due à des différences d'éclairement.

Il n'est pas rare de trouver, même dans ce stade du développement très jeune, *deux filaments mycéliens différenciés, l'un à côté de l'autre.* La fig. 12 fait voir un cas de ce genre. Il reste à savoir si ces filaments proviennent chacun d'un œuf, ou s'ils tirent leur origine d'une seule et même oospore. Je penche vers cette dernière supposition et cela surtout pour deux raisons. D'une part, il est de fait que les oospores se groupent rarement, tandis que, d'un autre côté, les filaments sortent presque toujours par touffes de 2 à 3 ou plus par le stomate. Ce caractère est celui qui frappe surtout chez une phase de pénétration plus avancée. D'autre part, on rencontre assez souvent, dans les premières phases de germination, à côté de la partie basale du filament déjà sorti par le stomate, 1 à 2 corpuscules arrondis et isolés, localisés dans l'ostiole. Il n'est pas douteux que ces éléments appartiennent au Champignon de la Pomme de terre bien qu'ils ne puissent pas être des oospores entières. Comme nous l'avons déjà dit, ce phénomène rappelle celui qu'on rencontre chez une oospore qui, quoique toute développée, n'a pas encore germé. Celle-ci présente des accumulations granulaires, telles qu'en montre la fig. 3, où ces amas sont particulièrement nets et faciles à observer. Les corpuscules arrondis, nommés tout à l'heure, semblent être produits par la différenciation du contenu d'une oospore solitaire en plusieurs portions ; chacune de ces portions est apte à se développer. Les fig. 13 et 15 des Pl. 6-7 font voir de tels éléments.

Quelquefois, on observe des filaments longs et très peu ramifiés (voir la fig. 15, Tome 29, Pl. 6-7), ne présentant de ramuscules que dans leur moitié inférieure. A ce stade de pénétration jeune, le contenu plasmique du filament s'accumule vers le sommet de l'organe. La figure 16 fait voir deux filaments dont l'un se ramifie par bifurcation dans sa partie inférieure tandis que l'autre reste encore simple. La figure 17 montre trois stomates dans le même plan. Des filaments bien différenciés sortent par ces stomates, un par chacun d'eux.

Plus rarement, le filament porte, aussitôt sorti par le stomate, une spore aérienne ovoïde qui se détache facilement. La figure 18 des Pl. 6-7 montre un cas de ce genre. A côté du filament court, il y en a cependant un autre qui, pénétrant plus loin du stomate, se termine par une spore aérienne. Sous l'action des liquides de préparation, ce filament ainsi que sa spore terminale paraît un peu endommagé et n'est plus bien net.

Le plus souvent, *les filaments* s'éloignent bien du stomate avant qu'ils se ramifient et qu'ils détachent les spores. *Ils présentent le mode de ramification qui suffit à lui seul pour caractériser le Phytophtora* et qui lui est connu depuis bien longtemps. Le filament est continu ; il se compose d'une seule cellule très allongée, se ramifiant, çà et là, par bifurcations. On n'y trouve que les épaississements localisés du filament. Les rameaux, dont les extrémités sont aiguës, portent de petites dilatations correspondant à l'insertion des spores. Outre que celles-ci naissent à l'extrémité des filaments (spores terminales) elles sont aussi rejetées latéralement aux points des épaississements (spores intercalaires). L'action des procédés d'immersion et de fixation amène que, dans les préparations microscopiques, les spores ne se présentent que rarement « in situ », c'est-à-dire attachées à leur point d'insertion.

Les spores y apparaissent, au contraire, généralement libres et détachées de leur support (fig. 19). Dans leur corps plasmique épais, on distingue de nombreux amas granuleux ayant l'apparence de noyaux (fig. 18 *bis). Parvenus à leur maturité, ceux-ci se décèlent comme des zoosporanges* (fig. 22 et 23). *On voit leur contenu se différencier en huit zoospores*, nettement distinctes et mises en liberté par ouverture du sommet du zoosporange. Il n'est pas rare de trouver, dans les coupes, des zoosporanges vides de leur contenu et au voisinage de ceux-ci de nombreuses zoospores dont quelques-unes viennent de germer.

N'ayant jamais trouvé de telles spores germant par simple filament, à la façon des conidies, *je suis amené à penser qu'elles sont uniquement à rapporter au type des zoosporanges.*

Une germination à la façon des conidies est-elle la propriété des spores qui proviennent de l'infection secondaire ? Voilà ce qui demande de nouvelles études.

β) *Phase plasmique du Champignon.*

Pour apprendre à connaître l'origine des anthéridies et des oogones comme aussi du mycélium donnant naissance à ces organes, il faut faire l'examen de la zone vert pâle de la tache foliaire et de la région vert foncé qui l'entoure.

L'étude anatomique de *la région vert foncé* — laquelle est restée saine à juger sur l'apparence — met en évidence, comme le montre la figure 25 des Pl. 8-9, Tome 29, que *les cellules* de ce tissu *présentent en général un aspect sain.* Chaque cellule est pourvue d'un noyau, d'un protoplasma et de grains de chlorophylle, ceux-ci localisés le long de la paroi. Aucune trace de mycélium n'est à découvrir ni dans les cellules, ni dans les méats intercellulaires. *C'est le corps protoplasmique seul* de ces cellules et surtout celui des cellules palissadiques (fig. 26) *qui présente une certaine structure caractéristique* qui diffère de la structure normale du plasma. A l'aide d'un grossissement puissant, on constate, dans ce plasma, la présence *de nombreux points noirs, minimes, disposés en files entre les grains de chlorophylle.*

Là où la région vert sombre touche à la zone vert pâle, le contenu de la cellule a subi une certaine modification ; cela s'applique tant aux cellules palissadiques qu'aux cellules de parenchyme. *Le contour des grains de chlorophylle est plus ou moins effacé ; en même temps le plasma,* lui-même, présente une consistance *plus granuleuse* (fig. 26 et 28). *Les grains de chlorophylle* font donc l'effet d'être *sur le point de se désagréger* (fig. 29). Des groupes adjacents de cellules palissadiques montrent parfois les différentes phases de développement.

D'autres coupes faites dans la même partie foliaire font voir un changement ultérieur de la structure du plasma de la cellule. *La plupart des grains de chlorophylle se sont désagrégés, le corps plasmique paraît* par suite *encore plus granuleux et le plasma renferme un nombre variable* (trois à six) *de nucléoles,* faciles à distinguer et entourés chacun d'une auréole claire (fig. 30-33).

Ces deux phases de la maladie, caractérisées par les modifications de structure que subit le contenu de la cellule — phases successives de la désagrégation de la chlorophylle — ont le caractère commun qu'elles *ne présentent aucune trace de mycélium* ni dans les cellules, ni dans les méats intercellulaires.

A mon avis, il ne souffre pas de doute qu'il ne s'agisse, en ce cas, d'un protoplasme cellulaire non normal. La désagrégation partielle des grains de chlorophylle, la consistance granuleuse du corps protoplasmique et, en dernier lieu, l'apparition dans ce plasma de nucléoles nombreux — tout cela fait soupçonner, me paraît-il, *qu'il* *y a dans ce corps protoplasmique deux êtres différents, d'une part le plasma de la cellule hôte, de l'autre celui du Champignon. Intimement mêlés, ces deux êtres constituent une sorte de symbiose intime et latente.*

Dans la littérature zoologique il n'est pas rare de trouver des indications quant à la coexistence de deux, même de plusieurs espèces de plasma dans le corps plasmique de différentes espèces de cellules animales. C'est à l'aide de colorations cytologiques qu'on est arrivé à en faire la découverte. Dans le protoplasma de l'œuf d'un *Myzostoma*, H. Driesch (I) trouva, en 1897, par l'intermédiaire de colorations spéciales, trois êtres différents et, en 1905, E. G. Conklin (I) put, dans l'œuf d'un *Cynthia*, discerner six espèces de plasma dont il réussit à suivre les phases diverses de développement (fécondation, différenciation, etc.) jusqu'à la naissance des organes différents de la larve. Dès l'année 1907, F. Meves (I, 1907 ; II, 1908 ; III, 1911, etc.) trouva, dans les cellules embryonnaires de certaines espèces d'animaux (salamandre, poule, ascaride, oursin, etc.), des filaments (« chondriochontes ») et des grains (« mitochondries », « microsomes », « grana ») plasmiques, qu'il qualifie de « plastosomes » et qui (correspondant à l'idioplasma de Nägeli) représentent la substance héréditaire du protoplasma, de même que la « chromatine » constitue celle du noyau. Plus récemment H. Held (I) a montré que ces plastosomes ou mitochondries, au moment de la fécondation de l'œuf de l'*Ascaris* par la cellule mâle, pénètrent dans la cellule de l'œuf, où cette substance héréditaire va constituer une symbiose intime avec celles de la cellule. Les filaments et les grains protoplasmiques trouvés par E. Holmgren (I, 1912 ; II, 1915) et d'autres dans les fibres musculaires à stries transversales et dans les cellules ganglionnaires spinales de différentes espèces d'animaux — formations auxquelles on a donné le nom de « trophospongies » — sont aussi à rapprocher de ces éléments cellulaires des animaux.

Ce n'est pas la première fois que ce phénomène se soit présenté à ma vue. Je l'ai rencontré antérieurement, en étudiant la persistance et la réapparition de différentes espèces de rouilles (rouille des céréales, rouille de la Rose trémière, etc.), et j'en ai donné les détails dans une série de publications (Eriksson, VI). Dans le cas présent, il y a donc deux organismes, d'un côté le pied de Pomme de terre *(Sola-*

num tuberosum), de l'autre le Champignon du mildiou *(Phytophtora infestans)*. Durant des mois, ces deux éléments ont vécu d'une symbiose intime. C'est ce que j'ai appelé *l'état mycoplasmatique* du Champignon. Ce mycoplasma existe dans toutes les parties de la plante nourricière, dans les tissus du tubercule comme dans ceux de la tige (souterraine et au-dessus du sol) et de la feuille. Il se répand de cellule en cellule par l'intermédiaire des plasmodesmes à la façon du protoplasme normal d'une plante non parasitée. A un moment donné, pendant une certaine période de développement de la plante nourricière et sous l'action des agents extérieurs favorables, les deux êtres intimement mêlés se séparent. Quels sont donc ces agents extérieurs et comment se font-ils valoir ? Nous n'en savons que très peu de choses. Il est reconnu seulement par de nombreuses observations que la température a une action évidente sur le développement de l'élément du Champignon, de manière qu'elle peut en retarder ou en avancer l'éruption d'une ou de plusieurs semaines. Si les conditions extérieures sont favorables au développement rapide et vigoureux du parasite, c'est celui-ci qui aura le dessus. Les grains de chlorophylle sont plus ou moins complètement sacrifiés au profit du plasma du champignon qui en est renforcé. Celui-ci reste maître absolu de la cellule, et sa supériorité se manifeste par la production abondante des nucléoles. Avec la désagrégation plus ou moins complète des grains de chlorophylle, la partie foliaire en question perd sa couleur verte, et la tache malade prend par suite une coloration brun noirâtre (1).

---

(1) Il faut remarquer que De Bary, lui-même (II, 58) a pu constater, en 1863, à la suite d'études anatomiques de feuilles malades vivantes que « les granules de chlorophylle ont évidemment pris une couleur vert jaune, tout en diminuant de nombre et de volume « et qu'il paraît que le parasite se nourrit aux dépens de la chlorophylle. »

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

LOUIS FRANÇOIS, *docteur ès-sciences, chef des travaux à la Station d'essais de semences de Paris.* – **Les semences des plantes cultivées et leur détermination.** (*Annales de la Science Agronomique,* janvier-juin 1915, janvier-juin 1916).

Cet ouvrage, qui a paru dans les Annales de la Science Agronomique, et dont les circonstances actuelles n'ont pas encore permis la diffusion dans les milieux intéressés, a été écrit, spécialement, pour les agriculteurs, les commerçants en graines et, d'une manière générale, pour tous ceux qui, directement ou indirectement, ont à s'occuper du commerce des semences. C'est dire qu'il a été conçu dans un esprit essentiellement pratique et établi sur un plan tel, qu'un lecteur, sans aucune connaissance botanique, puisse s'en servir avec fruit.

L'ouvrage se compose de deux parties : l'auteur passe d'abord, longuement, en revue, les différents types de semences et définit ce terme agricole, qui désigne indifféremment soit une graine, soit un fruit, ce dernier pouvant même être accompagné de diverses parties de la fleur ou de l'inflorescence. Successivement, les semences des Légumineuses, les semences des Graminées, celles des Crucifères, des Ombellifères, des Composées, etc., font l'objet de paragraphes spéciaux, accompagnés de nombreuses figures originales, dessinées par l'auteur ; ces familles sont d'ailleurs classées, non pas suivant l'ordre botanique, mais suivant l'importance commerciale des semences qu'elles renferment.

La seconde partie est composée de tableaux destinés à permettre la détermination des semences et ils ont été dressés de manière que, lorsqu'il y a doute sur la présence de tel ou tel caractère, le lecteur pourra choisir indifféremment l'un d'entre eux, par suite, les incertitudes, si fréquentes dans l'emploi de certaines flores, n'existent pas ici. D'ailleurs l'auteur, avec intention, dans cette seconde partie, a donné, en abondance, des figures extrêmement claires ; de sorte que la plupart du temps et simplement en feuilletant ce travail, il est possible de trouver le nom d'une semence, sans être obligé d'avoir recours aux clés des tableaux. Quelques conseils pratiques accompagnent l'ouvrage et indiquent la meilleure manière de procéder pour placer les semences dans de bonnes conditions d'observation. Ce qui contribue à donner également un très grand intérêt à ce travail c'est que, non seulement les semences intactes sont étudiées ici, mais également les semences commerciales, c'est-à-dire, celles qui ont pu perdre, comme cela arrive souvent, un certain nombre de leurs caractères, et parfois les plus importants au point de vue botanique, par suite des manipulations auxquelles elles ont été soumises.

Ce simple aperçu permettra de se rendre compte de la valeur de cette œuvre et des difficultés que l'auteur a su vaincre pour la mener à bien. Cet ouvrage est très certainement appelé à rendre les plus grands services dans les questions souvent si ardues de la détermination des semences.

Gaston Bonnier

James B. Mac Nair. — **Fats from *Rhus Laurina* and *Rhus diversiloba*** (Corps gras extraits du *R. Laurina* et du *R. diversiloba) (Bot. gaz.* vol. LXIV, n° 4, p. 330 ; Chicago, octobre 1917)

Des substances ressemblant beaucoup à la cire du Japon ont été isolées du fruit mûr de *R. Laurina* et de *R. diversiloba.*

Le fruit de *R. diversiloba* est toxique avant la maturité ; sa toxicité diminue à mesure que la teneur en corps gras augmente et disparaît complètement lorsque la maturité est complète. La toxicité est causée vraisemblablement par la présence de résines âcres ; il est assez difficile d'expliquer la transformation. Remarquons qu'une graisse semblable a été trouvée dans les fruits non toxiques d'une autre espèce de *Rhus.*

Jean Friedel

Shutai Okamura. — **Contributiones novæ ad Floram Bryophyton Japonicam.** Pars secunda. (Journal of the College of Science, Imperial University of Tokyo, vol. XXXVIII, July 1916).

Cette note renferme les diagnoses latines de 30 espèces nouvelles : 1 Hépatique *(Bazzania spinosa)* et 29 Mousses *(Fissidens lateralioides, Glyphomitrium angustifolium, Grimmia Hisauchii, G. Kiyoshii, Rhacomitrium Iwasakii, Aulacomitrium minutissimum, Mnium Kiyoshii, Pogonatum arisanense, Leucodon perdependens, Pterobryopsis cucullatifolia, Meteoriella cuspidata, Neckeropsis pseudonitidula, Neckera idumoana, N. kamakurana, Pinnatera formosana, Entodon arenosus, E. dolichocucullatus, Pylaisia laeto-viridis, Herpetineuron attenuatus, Ectropothecium Shiragae, Stereodon cymbifolius, Isopterygium Hisauchii, Vesicularia Sasaokae, V. Shimadæ, Rhaphidostegium argutum, Ptychodium perattenuatum, Eurhynchium yezoanum, Rhynchostegium ovalifolium, Rh. spiralifolium).*

L'auteur donne, en outre, les diagnoses d'un certain nombre d'espèces nouvelles pour le Japon, la Corée ou Sakhaline. A noter également des clefs dichotomiques pour la détermination des espèces des genres *Okamurea* Broth. et *Meteoriella* Sh. Okamura.

A.-Pierre Allorge

Nemours.— Imp Henri Bouloy.

Le Gérant : Henri Bouloy

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. **Raoul COMBES**

(suite)

De Plato (1) apporte de nouvelles données relatives à la production de l'acide cyanhydrique pendant la maturation des amandes amères et des amandes douces.

Dans les amandes amères, l'acide cyanhydrique libre diminue graduellement pendant la maturation et finit par disparaître complètement. L'acide cyanhydrique combiné à l'état de glucoside augmente peu à peu jusqu'au moment de la formation des cotylédons et diminue ensuite sans disparaître complètement.

Les variations de l'acide cyanhydrique sont à peu près les mêmes chez les amandes douces, mais ici la diminution de l'acide combiné va jusqu'à la disparition complète.

Pour l'auteur, l'acide cyanhydrique se présente comme un corps intermédiaire dans la production des albuminoïdes.

Ravenna et Vechi (2) montrent que les germinations de *Linum* et de *Sorghum* développées en présence de glucose et de chlorure d'ammonium renferment plus d'acide cyanhydrique que celles qui se développent dans un milieu non additionné de ces deux substances.

---

(1) De Plato. L'acido cianidrico nella maturazione delle mandorle amare e dolci. *(Staz. sperim. Agr.,* T. XLVI, pp. 449-458, 1911).

(2) Ravenna et Vechi. Su la formazione dell' acido cianidrico nella germinazione dei semi. *(Rendic. Acc. Lincei.,* T. XX, pp. 491-496, 1911).

Ils observent, d'autre part, qu'au début de la germination, de l'ammoniaque se forme ; il disparaît un peu plus tard, au moment où l'acide cyanhydrique apparaît. Ce dernier ne diminue que dans les stades plus avancés de la germination.

De ces résultats, et de ceux obtenus antérieurement par Ravenna et Zamorani les auteurs concluent que l'acide cyanhydrique, produit intermédiaire dans l'élaboration des albuminoïdes, se forme aux dépens des sucres et de l'ammoniaque.

Peche (1) étudie la répartition de l'acide cyanhydrique dans le *Prunus Laurocerasus* en localisant cet acide au moyen du nitrate de mercure. Le sel de mercure est réduit par l'acide cyanhydrique et laisse un dépôt noir de mercure métallique dans les cellules cyanogènes. Peche conclut des résultats de ses recherches que, dans les feuilles du *Prunus Laurocerasus*, l'acide cyanhydrique se forme dans les chloroleucites à l'état d'une combinaison labile avec le tannin ; peut-être est-ce là la forme très instable de l'acide cyanhydrique dont parlent plusieurs des auteurs qui ont étudié la cyanogénèse par les méthodes analytiques. Pour Peche, l'acide cyanhydrique peut circuler sous cette forme dans les différents tissus de la plante. Ce serait à partir de cette combinaison instable que prendraient naissance soit les glucosides cyanogénétiques, soit les albuminoïdes.

Ravenna et Bosinelli (2) mettent en évidence des analogies existant entre les variations des alcaloïdes et celles de l'acide cyanhydrique dans les plantes. Le glucose fait augmenter la teneur en nicotine dans le Tabac et celle de l'acide cyanhydrique dans le *Pangium edule*, le *Phaseolus lunatus* et le *Sorghum vulgare ;* les lésions traumatiques agissent de même sur la nicotine dans le Tabac et sur l'acide cyanhydrique dans le *Sorghum*. L'inoculation de substances aromatiques dans les tissus fait diminuer la quantité de nicotine dans le Tabac et l'acide cyanhydrique dans le *Sorghum*. Parmi les substances inoculées (acide benzoïque, acide salicylique, acide phtalique, pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, pyrogallol) dans cette dernière plante, c'est l'acide phtalique, l'acide benzoïque et l'hydroquinone, qui ont déterminé les diminutions les plus grandes de l'acide cyanhydrique.

---

(1) Peche. Mikrochemischer Nachweis der Cyanwasserstoffsäure in *Prunus Laurocerasus. (Sitzungsb. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien,* Bd. CXXI, 1912).

(2) Ravenna et Bosinelli. Sulla azione di alcune sostanze aromatiche sulla cianogenesi delle piante. *(Atti R. Acc. Lincei,* T. XXI, pp. 286-292, 1912).

Raybaud (1), ayant cultivé vingt-six variétés de Sorgho et deux espèces d'Eleusines en terrain irrigué, c'est-à-dire dans les conditions les moins propres à l'accumulation de l'acide cyanhydrique, a recherché cet acide dans les plantes récoltées à divers états du développement.

L'acide cyanhydrique se trouve, dans le Sorgho et les Eleusines où il a été caractérisé, en quantité notable quand les plantes sont jeunes ; plus tard il émigre vers les parties supérieures, y subsistant jusqu'à la maturation complète des épis, après quoi il disparaît. En opérant en octobre sur des plantes n'ayant pas fructifié, sur des plantes présentant des épis encore verts, et enfin sur des individus dont les épis sont mûrs, l'auteur constate en effet que quel que soit le stade évolutif de la plante, l'acide cyanhydrique se localise toujours à ce moment dans les régions supérieures. Quand la plante n'a pas fructifié, il est décelé exclusivement à l'extrémité de la tige. Quand les épis apparaissent, il se trouve seulement dans ces organes, et en quantité d'autant moins grande que leur maturité est plus avancée. Enfin, quand les épis sont tout à fait mûrs, l'acide cyanhydrique a complètement disparu.

Raybaud fait remarquer que la présence et la disparition graduelle de cet acide dans les épis, vient à l'appui de l'opinion de Treub sur le rôle qu'il semble jouer dans la formation des tissus.

Jorissen (2) résume l'état de nos connaissances sur la cyanogénèse. Il fait observer qu'il est prudent de considérer comme prématurée l'interprétation de Treub suivant laquelle l'acide cyanhydrique serait le premier produit reconnaissable de l'assimilation de l'azote. Les principales objections qu'il oppose à cette manière de voir sont les suivantes : 1° il existe un nombre d'espèces végétales chez lesquelles on n'a jamais pu mettre l'acide cyanhydrique en évidence, beaucoup plus grand que celui des espèces chez lesquelles il a été décelé; 2° l'acide cyanhydrique peut résulter de l'action de composés oxygénés de l'azote sur des principes immédiats contenus dans les végétaux. Il fait connaître en effet que dans une solution aqueuse très diluée d'acide citrique renfermant une petite quantité de nitrite de potassium et un peu de sulfate ou de bicarbonate ferreux, exposée à la lumière diffuse pendant 24 heures dans un vase ouvert, à la température ordinaire, il se forme de l'acide cyanhydrique ; l'acide citrique étant très répandu dans le règne végétal et les conditions décrites par l'auteur semblant pouvoir être réalisées dans les tissus des plantes, il ne paraît pas impossible que ce soit par un mécanisme semblable ou voisin que l'acide cyanhydrique puisse se former dans les végétaux.

---

(1) L. Raybaud. Sur la présence et la persistance de l'acide cyanhydrique dans quelques Graminées des pays chauds. *(Comptes-rendus des séances de la Soc. de Biologie,* T. LXXIV, pp. 1116-1117, 1913).

(2) A. Jorissen. L'acide cyanhydrique chez les végétaux. Lecture faite à la séance publique de la classe des Sciences. *(Bulletin de l'Acad. roy. de Belgique,* pp. 1202-1231, 1913).

Guyot (1) a mis en évidence chez une Mucorinée non encore identifiée la présence d'acide cyanhydrique dont la proportion atteint 1, 1 °/₀ du poids sec du Champignon. L'auteur fait une série d'hypothèses sur la genèse de ce corps dans l'organisme étudié ; Chodat et Schweizer ayant montré que les acides aminés oxydés in vitro par la tyrosinase donnent de l'aldéhyde et de l'ammoniaque, il suppose que l'aldéhyde formique produit s'oxyde pour donner de l'acide formique qui, en présence de l'ammoniaque, donne du formiate d'ammoniaque ; l'acide cyanhydrique prendrait ensuite naissance à partir de ce sel. Pour Guyot, si cette série de suppositions était vérifiée, il faudrait admettre, contrairement à la théorie de Treub, que l'acide cyanhydrique n'est pas le premier produit de l'assimilation azotée mais plutôt le produit ultime d'une désagrégation protéique.

Willaman (2), étudiant l'action des anesthésiques sur la cyanogénèse chez le *Sorghum vulgare*, constate que des feuilles de Sorgho exposées aux vapeurs de chloroforme, d'éther ou d'alcool produisent plus d'acide cyanhydrique, aussi bien à l'état glucosidique qu'à l'état non glucosidique, que les feuilles normales. Les anesthésiques sembleraient donc stimuler l'action synthétique et hydrolytique des ferments qui agissent sur les glucosides. L'auteur a d'ailleurs montré qu'une poudre fermentaire préparée avec des feuilles ayant été soumises au chloroforme était environ vingt-cinq fois plus active vis-à-vis de l'amygdaline qu'une poudre préparée avec des feuilles normales. La gelée détermine aussi une augmentation de la production d'acide cyanhydrique glucosidique et non glucosidique. Ce phénomène est dû en partie à la rupture des cellules et en partie au fait que l'équilibre fermentaire est rompu.

---

(1) H. GUYOT. Un champignon à acide cyanhydrique et à aldéhyde benzoïque (*Bull. Soc. bot. Genève*, 2ᵉ Série, T. VIII, 1916).

(2) J. J. WILLAMAN. The effect of anesthetics and of frosting on the cyanogenetic compounds of *Sorghum vulgare*. (*Journ. biol. Chem.*, T. XXIX, pp. 37-45, 1917).

Dans tout cet ensemble de recherches, les principaux faits relatifs à la cyanogénèse qui ont été mis en évidence sont les suivants :

L'acide cyanhydrique existe dans les végétaux surtout sous forme de glucoside. Il semble également pouvoir s'y trouver à l'état libre *(Pangium edule, Mespilus japonica, Arum maculatum, Thalictrum aquilegifolium,* amandes amères et amandes douces) et à l'état de combinaisons extrêmement instables *(Pangium, Bambusa)* peut-être avec les tannins *(Prunus Laurocerasus).*

Au cours de la germination des graines, chez certaines plantes, il augmente dans les plantules *(Linum usitatissimum,* amandes amères et amandes douces, *Mespilus japonica, Sorghum)* même lorsque la germination a lieu dans l'obscurité, mais plus rapidement toutefois lorsque la germination se fait à la lumière *(Linum);* dans d'autres, il diminue au contraire au cours de la germination à l'obscurité *(Phaseolus lunatus),* diminue également au début pendant la germination à la lumière, mais augmente ensuite lorsque l'assimilation commence dans les jeunes feuilles.

Les organes chlorophylliens des végétaux sont généralement ceux où l'acide cyanhydrique est le plus abondant, et dans beaucoup d'espèces ce sont même les seuls qui en contiennent.

Dans les feuilles, la teneur en acide cyanhydrique est plus élevée dans l'organe jeune que dans la vieille feuille sur le point de tomber *(Prunus Laurocerasus, P. Padus, P. javanica, Lotus arabicus, Pangium edule, Phaseolus lunatus, Ribes, Sorghum, Linum,* etc.) Quelques cas exceptionnels ont été constatés *(Sambucus nigra, Passiflora cærulea, Indigofera galegoides)* où les feuilles qui tombent sont presque aussi riches en composé cyanhydrique que les feuilles jeunes.

Les feuilles bien développées, sur des sujets vigoureux sont plus riches que les feuilles mal formées de sujets chétifs ou âgés *(Sambucus).*

Les feuilles de la partie supérieure des pieds ou des rameaux sont plus riches que celles de la partie inférieure *(Pangium, Sambucus).*

Les résultats relatifs aux variations de la teneur en acide cyanhydrique des feuilles au cours de la journée sont différents suivant les plantes qui les ont fournis. La richesse des feuilles en acide cyanhydrique semble être en relation avec l'éclairement du jour précédent pour le *Phaseolus lunatus ;* elle est plus grande à midi que le matin et le soir pour le *Passiflora minima ;* elle atteint son maximum le soir pour le *Sorghum vulgare.*

Dans les tiges, les parties supérieures sont plus riches que les parties inférieures *(Sorghum, Eleusine).*

Les régions voisines des parties en croissance active, et non ces parties elles-mêmes, ont une teneur particulièrement élevée *(Bambusa) ;* dans le *Pangium,* ce sont les points où il y a arrêt de croissance qui sont les plus riches.

Chez le *Prunus virginica,* où l'acide cyanhydrique existe dans l'écorce, c'est en automne qu'il est le plus abondant ; chez le *Sambucus nigra* l'écorce des rameaux en contient d'autant moins qu'ils sont plus âgés.

La présence d'acide cyanhydrique est fréquente dans les fruits jeunes (*Sambucus, Sorghum, Eleusine),* mais cet acide disparaît le plus souvent au cours de la maturation. Le *Nandina domestica* donne toutefois des fruits qui sont encore riches en acide cyanhydrique lorsqu'ils sont mûrs. Ceux de la variété à fruits blancs en renferment plus que ceux de la variété à fruits rouges.

Au cours de la maturation des graines, on constate d'abord une augmentation, puis une diminution de la teneur en acide cyanhydrique (amandes amères et amandes douces).

Dans certaines cellules spéciales, observées par Treub *(Pangium),* l'acide cyanhydrique précède l'accumulation de réserves albuminoïdes et disparaît peu à peu au cours de cette accumulation.

La formation de l'acide cyanhydrique est en relation avec l'assimilation chlorophyllienne. Ce corps et ses composés disparaissent dans les organes maintenus à l'obscurité et reparaissent par une exposition à la lumière *(Pangium edule, Phaseolus lunatus, Manihot utilissima, Sorghum vulgare, Passiflora fœtida).* Il y a également disparition dans les organes exposés à la lumière mais en atmosphère privée d'anhydride carbonique *(Pangium, Phaseolus)*. Dans les feuilles panachées, les parties privées de chlorophylle sont moins riches que les parties vertes *(Dieffenbachia, Alocasia macrorhiza, Hevea brasiliensis)*. Mais, la relation entre la formation des composés cyanhydriques et l'assimilation chlorophyllienne n'est qu'indirecte ; c'est avec les produits qui prennent naissance au cours de ce phénomène et en particulier avec les hydrates de carbone, que la cyanogénèse est liée d'une façon directe. En effet, s'il existe une assez grande quantité d'hydrates de carbone dans la feuille, on peut supprimer l'assimilation chlorophyllienne sans que la formation d'acide cyanhydrique soit arrêtée ; des feuilles, ou parties de feuilles, riches en hydrates de carbone conservent leur acide cyanhydrique et même continuent à en former lorsqu'on les maintient à l'obscurité ; l'absorption d'hydrates de carbone (glucose, lactose) par des feuilles pauvres en acide cyanhydrique, active la cyanogénèse *(Phaseolus, Sorghum, Linum)*.

La présence de nitrates paraît également nécessaire à la formation de l'acide cyanhydrique *(Pangium, Phaseolus, Sorghum)*. Toutefois une trop grande quantité de nitrates fait au contraire diminuer la teneur en acide cyanhydrique. Dans ce cas, cet acide se formerait en grande quantité, mais l'abondance des nitrates activerait, d'après Treub, son utilisation et il serait alors aussi vite utilisé que formé. L'absorption de nitrates par des feuilles peu riches en acide cyanhydrique accélère la cyanogénèse *(Phaseolus, Sorghum)*.

L'acide cyanhydrique semble également prendre naissance aux dépens des sels ammoniacaux. La formation de cet acide suit en effet l'accumulation d'ammoniaque dans les tissus et coïncide avec sa disparition.

L'absorption de sels ammoniacaux par des feuilles peu riches en acide cyanhydrique active la cyanogénèse.

L'altitude intervient en augmentant la teneur en acide cyanhydrique *(Stipa)*. La sécheresse du sol agit dans le même sens *(Sorghum)* .

D'une manière générale, les variations de l'acide cyanhydrique dans la plante sont influencées par le climat (Sorgho d'Italie et Sorgho de Java).

Les anesthésiques activent la cyanogénèse. La gelée agit dans le même sens.

Au cours de la dessiccation des plantes cyanogènes, il y a disparition progressive de l'acide cyanhydrique sans que ce corps se dégage en nature *(Sambucus, Prunus Laurocerasus).*

L'acide cyanhydrique et ses combinaisons ne constituent pas, pour les plantes qui les contiennent, une protection contre les animaux.

La production de l'acide cyanhydrique a pu être réalisée chimiquement dans des conditions qui paraissent très voisines de celles de la vie cellulaire, en faisant agir, à la lumière, en solutions très diluées, l'acide citrique sur le nitrite de potassium en présence de sulfate ou de bicarbonate ferreux.

L'acide cyanhydrique et ses composés nous apparaissent donc actuellement comme résultant indirectement du phénomène chlorophyllien ; il n'est pas possible dès maintenant de définir le rôle exact qu'ils jouent dans les plantes qui les produisent, mais on peut dire au moins que ces substances paraissent bien être employées dans certaines conditions par les tissus qui les contiennent et semblent par conséquent jouer un rôle utile dans l'organisme des végétaux producteurs.

Esculine. — Goris (1) localise l'esculine dans l'*Æsculus Hippocastanum* et le *Pavia rubra*. Il utilise différents réactifs microchimiques, mais la réaction de Sonnenschein, qui donne avec l'esculine une coloration rouge violacée, est la seule que l'auteur considère comme donnant des résultats probants.

Parmi les résultats obtenus il y a lieu de retenir ceux qui sont relatifs aux variations de l'esculine dans les divers organes au cours de leur développement.

En localisant l'esculine dans la feuille aux différentes périodes de l'année, Goris constate qu'au printemps ce glucoside est abondant dans la plupart des tissus. Au mois d'août, l'esculine ne paraît guère se trouver que dans le liber des feuilles, ce qui semble montrer que le glucoside est à ce moment en voie de transport vers les parties vivaces. A cette époque d'ailleurs, le liber des rameaux renferme une plus grande quantité d'esculine qu'au printemps. Enfin, dans les feuilles jaunes qui se détachent de l'arbre en octobre, aucun des tissus ne donne la réaction nette de l'esculine. Ce glucoside disparaît donc des feuilles à la fin de la période végétative.

---

(1) Goris. Recherches microchimiques sur quelques glucosides et quelques tannins végétaux. *(Thèse de Doct. ès-sc.*, 1903, Joanin, Paris).

Les feuilles de seconde pousse renferment moins d'esculine que les feuilles normales.

Les petits rameaux qui s'échappent du tronc sont environ trois fois plus riches en esculine que les rameaux normaux.

Dans l'écorce de la tige, l'esculine s'accumule principalement dans la région externe ; elle est ainsi rejetée avec les rhytidomes successifs qui, en se détachant de l'arbre, emportent une grande partie du glucoside. L'auteur pense qu'il est permis de conclure de ce fait que l'esculine « est une excrétion ou, tout au moins, un résidu de l'activité cellulaire. »

L'esculine ne semble pas être un produit direct de l'assimilation chlorophyllienne, car on n'en rencontre guère dans le parenchyme chlorophyllien.

La graine, à l'exception des téguments, ne renferme pas d'esculine ; mais dès les premiers symptômes de la germination, on peut y reconnaître sa présence. Elle apparaît de la même manière dans les germinations faites à l'obscurité et dans celles faites à la lumière. La lumière ne semble donc pas jouer de rôle dans la production du glucoside ; toutefois, dans les organes aériens, l'esculine se trouve en plus grande abondance dans les parties les plus éclairées. La formation de l'esculine, au cours de la germination, semble résulter de transformations chimiques de substances de réserve accumulées dans l'embryon. Goris pense que cette apparition de l'esculine dans les organes en voie de développement ne permet pas d'envisager ce corps comme une matière de réserve, mais plutôt comme un résidu inutile au végétal.

L'auteur insiste sur le fait que l'esculine et l'acide esculitannique sont, dans l'*Æsculus Hippocastanum*, localisés dans les mêmes cellules. Il constate le même fait dans le *Rhus Cotinus* pour la fustine et le tannin, dans la *Fraxinus excelsior* pour la fraxine et le tannin, dans les *Salix* pour la salicine et l'acide salicitannique. Il en conclut, en s'appuyant d'autre part sur certaines différences de propriétés des glucosides contenus dans les cellules végétales et des glucosides isolés à l'état pur, que, dans les cellules, les glucosides sont combinés aux tannins sous forme de composés peu stables.

Par l'ensemble des résultats qu'il obtient dans cette étude microchimique de l'esculine chez l'*Æsculus Hippocastanum*, Goris est amené à considérer ce glucoside comme un produit d'excrétion, ou tout au moins un résidu de l'activité cellulaire, un produit de désassimilation inutile aux besoins du végétal.

Toutefois, Cazzani (1) met en doute la valeur du réactif de Sonnenschein employé par Goris dans les recherches qui l'ont conduit aux résultats qui viennent d'être résumés. Pour Cazzani, le réactif de Sonnenschein sous sa forme primitive, de même que sous la forme modifiée par Goris, ne peut servir à la localisation de l'esculine dans les tissus végétaux. Les raisons qui doivent empêcher d'utiliser ce réactif seraient les suivantes : 1° la coloration que l'on considère comme spéciale à l'esculine s'obtient aussi dans des cellules simplement tannifères ; 2° l'esculine se trouve probablement dans les végétaux en combinaison avec le tannin, sous forme d'esculitannate d'esculine ; 3° le fer en solution nitrique, donne, par alcalinisation avec l'ammoniaque, un précipité rouge brique qui peut masquer la coloration due à l'esculine.

Il y aurait donc lieu de faire des réserves sur les résultats obtenus par Goris dans la localisation de l'esculine ainsi que sur les déductions qu'il en a tirées.

Quoi qu'il en soit, ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par E. Laves (2) d'une part, et par Th. Weevers (3) d'autre part, qui étudient la répartition de l'esculine dans l'*Æsculus Hippocastanum* en utilisant la propriété que présente ce glucoside de donner des solutions fluorescentes.

Au point de vue qui nous intéresse, un seul point paraît actuellement bien établi : la lumière n'est pas indispensable à la formation de l'esculine ; les résultats obtenus par Goris et par Weevers concordent à ce sujet. Pour ce qui concerne les autres faits, il convient d'attendre les résultats de nouvelles recherches.

---

(1) E. Cazzani. Osservazioni critiche sopra alcune ricerche microchemiche dell' esculina. (*Atti dell' Istit. bot. di Pavia*, II, 5, X, 6872, 1907. Compte-rendu dans l'*Année biologique*, p. 204, 1907).

(2) E. Laves. Ueber die Zusammensetzung der Früchte von *Æsculus Hippocastanum*. (*Pharm. Centralbl.*, 42, 333-336, 1901).

(3) Th. Weevers. Die physiologische Bedeutung einiger Glykoside. (*Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIX, 1904).

Daphnine. — Au cours de recherches microchimiques sur plusieurs alcaloïdes et sur quelques glucosides, Sauvan (1) étudie la répartition de la daphnine dans le *Daphne alpina* et le *Daphne Gnidium.* Il emploie comme réactifs microchimiques la potasse en solution aqueuse, qui produit avec la daphnine une coloration jaune d'or, et l'acide azotique concentré, qui colore ce glucoside en jaune orangé ou rouge sang suivant la concentration.

Il remarque que la proportion de daphnine n'est pas le même dans l'écorce de la tige aux différentes époques de l'année. Au moment de la floraison et de la fructification, la teneur en daphnine est plus élevée qu'à tout autre moment de l'année.

Russell (2) a étudié la répartition de la daphnine dans le *Daphne Laureola* en employant comme réactif microchimique la solution d'iodure de potassium iodé qui donne à ce glucoside une teinte rose passant successivement à l'orangé, au rouge carmin, et enfin au rouge brun. Il se sert secondairement de divers autres réactifs ; il obtient aussi la localisation de la daphnine en la faisant cristalliser dans les cellules.

Il observe que la daphnine est toujours accompagnée, dans les éléments où on la rencontre, de matières oléagineuses.

Franguline. — L. Grès (3) étudie microchimiquement la répartition, chez plusieurs espèces de Rhamnées, de la franguline et de son produit de dédoublement l'émodine, en employant les alcalis étendus qui colorent ces corps en rouge, l'acide sulfurique étendu qui les colore en jaune rougeâtre ou, dans certains cas, le ferrocyanure de potassium qui les précipite en rose chair.

L'ensemble franguline-émodine est abondant dans la tige et la racine ; la feuille en renferme peu et seulement dans les nervures.

---

(1) L. Sauvan. Recherches sur la localisation de la daphnine dans les *Daphne alpina* et *D. Gnidium. (Journ. pharm. chim.*, 6e Série, T. III, pp. 443-445, 1896).

(2) W. Russell. Essai sur la localisation de la daphnine chez le *Daphne Laureola. (Rev. gén. de Bot.*, T. XIV, pp. 420-426, 1902).

(3) L. Grès. Contribution à l'étude anatomique et microchimique des Rhamnées, *(Thèse de pharm.*, Paris, 1901).

La quantité de franguline-émodine varie considérablement suivant les époques de l'année. Une tige de *Rhamnus frangula* récoltée en mai donne d'une manière extrêmement vive les réactions de ces corps dans toutes les cellules des rayons médullaires, et dans quelques éléments du liber et des régions profondes de l'écorce. En août, les réactifs ne donnent plus que de faibles colorations. Chez le *Rhamnus infectoria*, il en est de même, les réactions obtenues sont beaucoup plus vives dans les tiges récoltées en mai que dans celles récoltées en août. De même chez le *Rhamnus cathartica*. Enfin, les racines jeunes des *Rhamnus* sont plus riches que les racines âgées.

Glucosides colorés des *Rubia*. — R. Chemineau (1) étudie la répartition des glucosides colorés en jaune contenus dans le *Rubia tinctorum* et le *R. peregrina*. Il plasmolyse tout d'abord les cellules en faisant agir sur les coupes une solution de chlorure de sodium à 5 °/₀, puis il traite les préparations ainsi obtenues par une solution de potasse faible. Les cellules contenant des glucosides se colorent en rouge. Il étudie également la répartition de ces corps en provoquant la cristallisation dans les cellules de l'un de leurs produits de transformation, probablement la purpurine ; pour cela, il traite les fragments d'organes par l'alcool à 95° ou l'alcool à 100°, et il examine ensuite les coupes faites dans les organes ainsi traités.

Il résulte des recherches de Chemineau que les glucosides n'existent pas dans la graine ; ils apparaissent dans les premiers jours de la germination et augmentent au fur et à mesure du développement, mais ils ne se rencontrent jamais que dans les organes souterrains.

Si la germination a lieu à l'obscurité, les glucosides colorés se forment dans toute la plante, mais seulement dans certaines conditions d'humidité. De même, si par l'opération du buttage on enterre des parties aériennes qui, lorsqu'elles vivent normalement dans l'air, ne contiennent pas de glucosides, ces derniers apparaissent dans tous les organes ayant été ainsi soumis à l'obscurité et à l'humidité.

L'auteur a montré que l'obscurité seule est incapable de déterminer la production des glucosides colorés. Une jeune tige de *Rubia* munie de rameaux portant des feuilles et des stipules, placée à l'obscurité complète dans une caisse noire, ne renferme pas de glucosides après 25 jours. Une autre tige semblable placée dans les mêmes conditions, mais maintenue continuellement humide, renferme au bout du même temps des glucosides colorés en aussi grande quantité qu'une tige ayant été buttée. Par conséquent, l'obscurité et l'humidité sont toutes deux nécessaires à la formation de ces corps.

---

(1) R. Chemineau. Recherches microchimiques sur quelques glucosides. (*Thèse de Doct. pharm.*, Paris, 1904).

Russell (1) a étudié également la répartition de ces glucosides colorés dans le *Rubia tinctorum*. Il emploie comme réactif les vapeurs d'ammoniaque qui colorent ces composés en rouge pourpre. Il obtient des résultats analogues à ceux de Chemineau. Au point de vue physiologique, il fait de plus les constatations suivantes :

Les glucosides du *Rubia tinctorum* se dédoublent dans les tissus qui entrent en dégénérescence, et le contenu cellulaire se colore alors en rouge. Dans la cellule morte, le pigment subsiste en se fixant sur la membrane. On peut provoquer expérimentalement le dédoublement rapide des glucosides colorés en faisant végéter les plantes dans des conditions défavorables ; par exemple, en maintenant des tronçons de jeunes tiges munies de quelques racines à l'obscurité ; dans ces conditions les tiges qui, au début de l'expérience, sont jaunes deviennent peu à peu rouge pourpre.

Constatant que les glucosides colorés ne se forment dans le *Rubia tinctorum* que dans les organes ne contenant pas de chlorophylle, Russell fait un certain nombre d'expériences en vue de rechercher si la présence de la chlorophylle est un obstacle à la formation de ces glucosides. Il montre ainsi que :

1° Des tiges souterraines déterrées et laissées à une lumière atténuée forment de la chlorophylle dans la moelle, le liber et la périphérie de l'écorce. Dans quelques cellules renfermant de très petites quantités de glucosides, quelques rares chloroleucites ont été constatés. Dans les éléments où les glucosides colorés étaient abondants, la chlorophylle manquait complètement.

2° Dans des tiges dirigées de telle façon qu'elles étaient obligées de ramper sur le sol, les glucosides existaient dans les cellules de la partie de la tige tournée vers le sol et pauvres en chlorophylle ; ils faisaient défaut dans celles de la partie éclairée et riche en chlorophylle.

---

(1) W. Russell. Recherches expérimentales sur les principes actifs de la Garance. (*Revue générale de Botanique*, T. XVII, pp. 254-259, Juin 1905).

3° Dans des tiges aériennes qui furent recouvertes de terre, les glucosides ne se sont pas formés au bout d'un mois d'enfouissement.

4° Dans des tiges souterraines retirées du sol et exposées à la lumière, il se forme un peu de chlorophylle si les tiges sont jeunes, il ne s'en forme pas si elles sont âgées. Dans les tiges jeunes, après six semaines de végétation à la lumière, il existe des glucosides colorés, mais ces glucosides sont modifiés dans les cellules à chlorophylle. Dans les tiges âgées, ces glucosides ont disparu pour faire place à un pigment rouge.

L'auteur conclut de ces expériences que la chlorophylle et les glucosides colorés de la Garance semblent s'exclure réciproquement ; peut-être les glucosides se forment-ils aux dépens de certaines substances plastiques qui, à la lumière, engendreraient la chlorophylle. Quoiqu'il en soit, pour Russell, ces glucosides, à cause de leur abondance dans les parenchymes vivants du *Rubia tinctorum* et à cause de la facilité avec laquelle ils paraissent se dédoubler, ne peuvent être considérés comme de simples déchets de l'organisme ; ils doivent être envisagés comme des substances utilisables pendant le cours de la végétation.

Chlorogénine. — Russell (1) a également étudié chez le *Rubia tinctorum* la répartition d'un glucoside incolore, la chlorogénine. L'auteur emploie comme réactif l'acide sulfurique étendu d'eau, qui, à chaud, produit avec la chlorogénine une coloration vert-bleuâtre.

Ce glucoside se trouve aussi bien dans les organes aériens que dans les organes souterrains. Il est surtout abondant dans le liber. Il s'accumule en grande quantité dans l'albumen des graines. Les jeunes plantules en contiennent en plus grande quantité dans les cotylédons que dans l'axe.

Dans les parties souterraines, la chlorogénine est mêlée aux glucosides colorés, mais ce sont les tissus les plus pauvres en glucosides colorés qui contiennent le maximum de chlorogénine. Ce dernier corps n'existe pas dans les cellules envahies par le pigment rouge résultant de la transformation des glucosides colorés.

---

(1) W. Russell. *Loc. cit.*

La chlorogénine disparaît peu à peu des tissus en voie de dépérissement, et il n'en existe plus trace dans les cellules à la mort de la plante. Pour Russell « la chlorogénine est sans nul doute un aliment de la Garance, aliment probablement de première nécessité, puisqu'il constitue la majeure partie des réserves de la graine. »

Rutine. — Pavolini et Mayer (1) identifient le glucoside extrait du *Sophora japonica* sous le nom de sophorine avec la rutine. Ils constatent que ce glucoside n'existe pas dans les graines; lorsque les graines ont germé, il apparaît, chez les jeunes plantes, dans le liber, pendant le premier mois de développement. Dans la plante adulte, la rutine se décompose graduellement en ses composants, rhamnose et quercétine, ce dernier corps s'incruste dans les éléments ligneux en leur donnant une coloration jaune verdâtre. La rutine est très abondante dans les boutons floraux ; les auteurs observent d'autre part, au cours du développement de la fleur, qu'il y a consommation d'un sucre. Ils pensent que la grande quantité de rutine existant dans les boutons floraux contribue, en se décomposant et libérant par conséquent son sucre, à accroître les matériaux de réserve des graines, la quercétine restant fixée sur les tissus ligneux.

Scutellarine. — Molisch et Goldschmiedt (2) ont étudié microchimiquement la répartition de la scutellarine dans plusieurs Labiées et en particulier dans les *Scutellaria*. Ils emploient comme réactif l'acide chlorhydrique, qui précipite la scutellarine dans les cellules à l'état de sphéro-cristaux. La scutellarine se trouve surtout dans la feuille ; elle existe également en assez grande quantité dans la fleur dont le calice, la corolle et le gynécée sont riches en glucoside. La racine et la tige en renferment peu.

Strecker (2) recherche la scutellarine dans un grand nombre d'espèces de la famille des Labiées. Au cours de cette étude il fait plusieurs constatations intéressantes au point de vue physiologique. Il confirme tout d'abord les résultats obtenus par Molisch et Goldschmiedt quant à la répartition du glucoside dans les divers organes des plantes productrices : la scutellarine se trouve surtout dans les feuilles et le calice ; elle n'existe pas dans les graines et ne se forme qu'en très petite quantité dans les autres organes.

---

(1) A. PAVOLINI et M. MAYER. Sulla presenza della rutina nella *Sophora Japonica* L. (*Bull. della Soc. bot. ital.*, pp. 81-88, 1909).

(2) H. MOLISCH et G. GOLDSCHMIEDT. Über das Scutellarin, einen neuen Körper bei *Scutellaria* und anderen Labiaten. (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, Bd. CX, p. 185, 1901).

(3) E. STRECKER. Das Vorkommen des Scutellarins bei den Labiaten und seine Beziehungen zum Lichte. (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, Bd. CXVIII, pp. 1379-1402, 1909).

La scutellarine est surtout abondante chez les *Scutellaria*, et elle n'apparaît dans les germinations de ces plantes que sous l'influence de la lumière. Chez les individus adultes, on constate des variations quotidiennes du glucoside en relation avec l'éclairage. Strecker distingue : une scutellarine primaire, apparaissant chez les plantules, une scutellarine transitoire, susceptible de voyager à travers la plante productrice, et enfin une scutellarine de réserve, se comportant comme les substances de réserve en général.

Robinine. — Bargagli-Petrucci (1) étudie la localisation et les variations de la robinine au cours de la germination des graines de *Robinia pseudacacia*. Il conclut de ses recherches que le glucoside est utilisé au début de la germination grâce probablement à l'intervention d'un ferment. Lorsque les plantules ont pris un certain développement on ne trouve plus trace de robinine dans les tissus. La quercétine, qui résulte du dédoublement de la robinine, disparaît à mesure qu'elle est mise en liberté.

Glucosides anthocyaniques. — Il ressort des nombreux travaux effectués sur les pigments solubles rouges, violets et bleus, désignés sous le nom d'anthocyanes, que ces substances sont des glucosides. Les résultats obtenus au cours des plus récentes recherches entreprises sur la genèse de ces composés et sur leur constitution chimique conduisent à les classer à côté des glucosides des corps constituant la série des dérivés de la phéno-γ-pyrone. Les pigments glucosidiques rouges, violets et bleus se placent donc à côté des pigments glucosidiques jaunes pyroniques dont il vient d'être question : rutine, scutellarine et robinine.

---

(1) G. Bargagli-Petrucci. Il glicoside robinina durante la germinazione dei semi di *Robinia pseudo-acacia*. (*Nuovo Giorn. bot. ital.*, T. XII, pp. 158-162, 1906).

J'ai rendu compte dans une série de Mémoires (1) des principaux travaux qui ont eu pour but l'étude des glucosides anthocyaniques ; je ne ferai donc ici que résumer l'état actuel de cette question, renvoyant pour plus de détails et pour les indications bibliographiques à ces Mémoires ainsi qu'à l'ouvrage très documenté publié récemment sur ce sujet par M. Wheldale (2).

(A suivre)

---

(1) Raoul COMBES. Rapports entre les composés hydrocarbonés et la formation de l'anthocyane. *(Annales des Sciences naturelles,* 9ᵉ série, T. IX, pp. 275-303, 1909).

Raoul COMBES. Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques. *(Revue générale de Botanique,* T. XXII, pp. 177-213, 1910).

Raoul COMBES. Formation de pigments anthocyaniques déterminée dans les feuilles par la décortication annulaire des tiges. *(Annales des Sciences naturelles,* 9ᵉ série, T. XVI, pp. 1-53, 1912).

(2) Muriel WHELDALE. The anthocyanin pigments of plants. 318 pages. *Cambridge University Press,* 1916.

DÉVELOPPEMENT PRIMAIRE
DU MILDIOU *(PHYTOPHTORA INFESTANS)*
AU COURS DE LA VÉGÉTATION DE LA POMME DE TERRE

par M. Jakob ERIKSSON

(fin)

La phase d'évolution que je viens de décrire — phase durant laquelle le contenu plasmique de la cellule prend une consistance granuleuse tout en décelant la présence de nucléoles noyés intimement dans le plasma — est suivie par une autre dont les caractères bien nets sont surtout facilement mis en évidence dans les cellules palissadiques. *Le plasma granuleux,* jusque-là presque uniformément réparti dans la cellule entière, *vient s'accumuler dans certaines parties de celle-ci, surtout au bout intérieur de la cellule* (Tome 29, pl. 10 et 11, fig. 34 et 35). Quelquefois, cependant, on le rencontre au centre même de la cellule ou vers la paroi extérieure contiguë à l'épiderme (fig. 36 et 37). Le reste de la cellule paraît presque vide. *Les nucléoles* de tout à l'heure *se désagrègent entièrement ou en partie.* Dans les cellules du parenchyme spongieux, on ne voit pas de telle localisation du contenu plasmique granuleux ; le plasma y est toujours uniformément réparti dans la cellule entière.

C'est le moment où le corps plasmique va quitter la cellule hospitalière pour pénétrer dans les méats intercellulaires. Il va entrer dans l'état mycélien.

ε) *Apparition des premiers filaments mycéliens.*

Dans les mêmes préparations microscopiques, où l'on trouve ces phases d'évolution — celles de l'accumulation du plasma et de la désagrégation des nucléoles — on rencontre aussi *les premiers filaments mycéliens.* Ceux-ci *perforent la paroi de la cellule* aux endroits mêmes où sont localisés les amas de granulations. Lorsqu'il s'agit des cellules palissadiques, c'est donc *le plus souvent par le bout intérieur rempli du plasma* que sortent ces filaments. Si le méat intercellulaire contigu est suffisant, ce filament est dressé plus ou moins perpendiculairement à la paroi cellulaire. Il est uni ou plurinucléé ; les nucléoles sont bien différenciés et nettement distincts (fig. 38 et 39). Le filament est continu ; d'ordinaire il ne présente pas de ramifications. *Évidemment, il correspond avec la masse plasmique au dedans de la paroi.* Deux faits confirment cette opinion : d'abord, ces filaments ne communiquent qu'aux endroits de la paroi où il y a, dans l'intérieur de la cellule, des accumulations de plasma ; ensuite, on voit souvent apparaître, en dedans du point de passage, une vacuole entièrement ou en partie vidée (Tome 29, Pl. 10 et 11, fig. 39, Pl. 12 et 13, fig. 42 *a* et *b*).

A mesure que le méat intercellulaire offre plus ou moins d'espace, *le plasma émis prend la forme d'un long filament simple ou ramifié.* Si c'est au centre de la cellule palissadique que sort ce plasma, le filament se rejette, aussitôt formé, sur le côté, en suivant la face extérieure de la paroi de la cellule. Le plus souvent, il apparaît sous la forme d'un filament simple (Tome 29, Pl. 10 et 11, fig. 40) ; toutefois, on le voit parfois qui porte deux ramifications, dont l'une se dirige en dedans, l'autre en dehors (Tome 29, Pl. 12 et 13, fig. 43 *a* et *b*). Ce filament s'introduit entre les cellules jusqu'à ce qu'il arrive à un endroit assez large pour qu'il puisse s'y développer librement.

Enfin, si l'émission du plasma se fait par le bout extérieur de la cellule palissadique, où le méat intercellulaire est fort resserré, il peut prendre, aussitôt sorti, la forme d'un champignon à chapeau en miniature (fig. 43, au sommet de la cellule). Sinon, il se présente comme un filament très mince, se frayant un passage entre la couche des cellules palissadiques et l'épiderme (fig. 44 et 45), où il rampe jusqu'à ce qu'il parvienne à un méat intercellulaire suffisant pour permettre sa pénétration vers l'intérieur de la feuille.

Dans les tissus du parenchyme spongieux de la feuille, où les méats intercellulaires sont plus larges, on voit les filaments qui sortent et qui se développent de la même manière que ceux passant par le bout intérieur des cellules palissadiques. Ils prennent la forme de longs filaments minces et droits.

ς) *Origine des anthéridies et des oogones.*

Dans les cas où l'espace est suffisant pour permettre un accroissement normal des filaments mycéliens, le développement du jeune filament paraît suivre deux directions différentes. Il y en a qui, tout en restant minces, présentent çà et là des nucléoles dont quelques-uns augmentent de volume, tandis que les autres sont sur le point de se dissoudre. Ceux-ci se trouvent soit à l'extrémité d'un rameau, soit en quelque lieu, le long de celui-ci. Dans les deux cas, ces vésicules se séparent par une cloison du filament ; les articles détachés — terminaux ou intercalaires — se développent en *oogones*. La figure 46 *a* et *b* des Pl. 14 et 15 (Tome 29) montre deux *oogones terminales* (un cas semblable se voit aussi sur les Pl. 4 et 5, fig. 10 *a* et *b*). Les figures 47 et 48 présentent deux *oogones intercalaires,* l'une à deux, l'autre à trois points de contact. Les figures 49 *a* et *b* font voir, en microphotographie et en dessin à la main, ces deux modes de formation, sous différentes phases de développement, l'un à côté de l'autre. En ce cas, le filament présente une oogone intercalaire, volumineuse, et une autre, terminale, plus petite. A côté du filament, on rencontre une oogone détachée, volumineuse (1). La figure 50 montre plusieurs oogones libres. — Je voudrais qualifier les organes que nous venons de décrire de filaments *femelles.*

Ensuite, il y a d'autres filaments mycéliens ayant été sans doute, au début, eux aussi minces, comme les filaments décrits plus haut. Ceux-ci se sont développés fortement en largeur ; ils portent souvent des dilatations irrégulières, leur contenu plasmique est plus uniformément réparti le long du filament entier et leurs nucléoles sont moins abondants et moins volumineux (fig. 52). Parfois, ils présentent, çà et là, des dilatations obtuses et montrent une tendance à se cloisonner (fig. 53) et à se ramifier. Ces filaments mycéliens ne détachent pas d'oogones. Je voudrais les caractériser comme des filaments *mâles.* En rencontrant une oogone, le sommet d'un tel rameau peut agir en anthéridie. La figure 51 montre deux filaments à peu près parallèles dont l'un (le supérieur), qui est plus mince, est probablement femelle, l'autre (l'inférieur), qui est plus épais, doit être mâle. Ces filaments différents sont-ils, dans l'origine, les ramifications du même filament ou sortent-ils différenciés des cellules hospitalières ? Ce sont là des questions auxquelles je ne peux pas répondre. Les figures 54 et 55 des Pl. 14 et 15 montrent la fusion de différents types d'anthéridies et d'oogones, analogues à ceux que font voir les figures 5-8 des Pl. 4 et 5.

---

(1) En réalité, cette formation différente des organes a été observée et illustrée antérieurement par SMITH. En 1875 (I, 35 ; fig. 19) et en 1884 (II, 297 ; fig. 127), il parle de deux espèces d'oogones : « intercalated within a thread » et « terminal », celles-là marquées, dans la dernière de ses publications, des lettres S et V, celles-ci d'un F et d'un U.

3. Principaux résultats des recherches.

Les résultats des recherches qui précèdent peuvent être résumés dans les conclusions suivantes :

1. *En plein champ*, la maladie n'apparaît que *trois à quatre mois après la plantation des tubercules*, lors de la floraison de la plante. En Suède, la première atteinte varie *de la mi-juillet au début de septembre*, suivant les conditions météorologiques.

2. Lors de cette *éruption primaire* du Champignon, *à la fin de l'été*, on voit de *grandes taches noires*, et à la face inférieure une fine inflorescence grisâtre, *sur les feuilles*, surtout sur celles du milieu, les plus vigoureuses du pied ; un temps humide et embrumé favorise le mal. Dès le premier jour, les feuilles présentent chacune plusieurs taches ; au bout de deux à trois jours, la plupart des pieds sont envahis. Toutes ces taches sont primaires et indépendantes les unes des autres.

3. *Sous châssis*, où la plantation des tubercules a lieu en janvier, les pieds présentent parfois les premières traces de la maladie *vers la mi-avril ;* la tige et les feuilles ont atteint alors leur développement complet. Le pied de Pomme de terre est à ce moment aussi développé que ceux cultivés en plein champ à la fin de l'été.

4. Lors de *l'apparition précoce* sur les pieds en couches, le Champignon envahit *les tiges et les pétioles* qui prennent une coloration noir-grisâtre et présentent des déformations partielles. Les pétioles deviennent souvent filiformes, les limbes des feuilles restant verts et sans taches malades.

5. Dans une tache au premier jour de *l'éruption automnale*, on remarque *différentes zones : (a)* une zone centrale sombre, d'un brun virant vers le noir, *(b)* en dehors une zone veloutée grisâtre, *(c)* une zone d'un vert pâle, sans moisissure, et enfin *(d)* une région encore saine vert foncé, à 10 mm. de distance de la seconde zone *(b)*.

6. Dans *la région vert foncé* et dans la partie contiguë du vert pâle, les cellules ont un aspect normal avec noyaux et grains de chlorophylle, etc. *Le corps protoplasmique* de la cellule seulement présente une structure qui diffère de la structure normale du protoplasma. C'est à l'aide d'un fort grossissement que nous avons pû constater dans ce protoplasma la présence, *entre les grains de chlorophylle, de points noirs*. Aucune trace de mycélium n'a été découverte, ni dans les cellules, ni dans les méats contigus.

7. Dans les phases primaires de la maladie, la structure du corps plasmique de la cellule s'altère. *Les grains de chlorophylle sont sur le point de se désagréger* (PHASE DE DÉSAGRÉGATION DE LA CHLOROPHYLLE) ; en même temps le plasma lui-même présente une consistance granuleuse.

8. Dans une phase suivante la structure du plasma change : *les grains de chlorophylle sont désagrégés, la masse plasmique* paraît *plus granuleuse et* renferme *plusieurs (4-6) nucléoles* (PHASE NUCLÉOLAIRE). Les taches malades des feuilles noircissent, résultat de la désagrégation des grains de chlorophylle.

9. Cette phase est suivie par une autre, plus altérée. *Les granulations plasmiques s'associent dans certaines parties de la cellule*, surtout dans les cellules de parenchyme palissadique. La masse plasmique occupe souvent leur extrémité interne. Quelquefois on trouve les amas de granulations au centre ou vers la paroi contiguë à l'épiderme. *Les nucléoles sont dissous*, et remplacés par des granulations plasmiques de forme irrégulière (PHASE DE MATURATION).

10. Les changements du corps plasmique de la cellule malade, spécifiés plus haut, révèlent, *dans ce corps plasmique*, dès le début, la présence *de deux êtres différents : le plasma de la cellule hôte et celui du Champignon*. Intimement mêlés, ils constituent une symbiose qui, héritée de la plante mère, se répand de cellule en cellule. Nous avons appelé cette association plasmatique MYCOPLASMA. A une certaine période de développement de la plante nourricière, ces deux êtres intimement mêlés ouvrent un combat duquel le Champignon sort vainqueur.

11. La phase de maturation atteinte, *le corps plasmique quitte la cellule et pénètre dans les méats intercellulaires. Il entre dans l'état mycélien*, et l'on voit se constituer les premiers filaments. Le plasma perfore la paroi de la cellule aux endroits même où les granulations

sont surtout épaisses (PHASE MYCÉLIENNE). Il semble que la masse plasmique sorte à l'aide des plasmodesmes. Selon l'espace offert par le méat intercellulaire, la masse plasmique prend la forme d'un filament, simple ou ramifié, ou d'un chapeau fongueux. Si la masse plasmique sort par l'extrémité extérieure d'une cellule palissadique, elle se présente sous forme d'un filament mince introduit entre l'épiderme et les cellules palissadiques. A l'intérieur de la cellule, au point de sortie, on voit souvent une vésicule volumineuse et entièrement ou en partie vidée. Son contenu a dû être versé dans le filament formé.

12. Le développement du filament mycélien paraît suivre deux voies : les uns restent fins, présentent des nucléoles bien développés. Certaines parties nucléolifères du filament se détachent comme formations séparées et se développent en OOGONES. Je voudrais qualifier ces filaments comme *filaments femelles*. Puis d'autres filaments mycéliens se développent en largeur. Leur contenu plasmatique est plus également disposé le long du filament entier. Ces filaments irrégulièrement ramifiés et souvent pourvus de bifurcations dentiformes se développent en ANTHÉRIDIES. Je voudrais caractériser ceux-ci comme *filaments mâles*.

13. *Entre les anthéridies et les oogones* développées, *une fécondation a lieu donnant une* OOSPORE. Les oospores apparaissent solitaires ou réunies, 2 à 3, dans le tissu cellulaire désorganisé de la tache foliaire. Elles sont sphériques, de 20 μ à 38 μ de diamètre. La paroi en est épaisse et lisse.

14. *Les oospores peuvent germer aussitôt formées. Elles ne sont* donc *point des spores de repos* devant assurer la persistance du Champignon durant l'hiver, *mais de vraies spores d'été* dont la vie est de très exacte durée.

15. *Ayant atteint l'ostiole intérieure d'un stomate, les oospores se développent,* donnant un ou deux à trois rameaux minces qui, *sous la forme de tubes ou filaments,* sortent *par le stomate*. Aussitôt formé, le tube peut produire *une spore aérienne ovoïde* ou ayant la forme d'un citron. Il peut aussi se développer en un filament plus allongé, ramifié. Les spores naissent à l'extrémité des rameaux *(spores terminales)* ou sur les petites ampoules des ramifications *(spores latérales)*.

16. *La germination de ces spores s'accomplit comme celle des spo-*

ranges ; leur contenu se différencie en *huit zoospores* distinctes, mises en liberté par ouverture du sommet du sporange. Les zoospores peuvent germer aussitôt formées.

⁂

Le cycle de développement que nous venons de décrire — à partir de la désagrégation des grains de chlorophylle jusqu'à la mise en liberté des zoospores par ouverture du zoosporange — s'accomplit probablement en 24 heures. Après ce jour, sans doute le plus important dans la vie du Champignon, la maladie se répand dans le champ de Pomme de terre par inoculations secondaires à l'aide de zoospores, d'une manière rapide et destructive, supposé que les conditions extérieures y soient favorables. Les ravages du parasite ne cessent pas tant que les pieds de Pomme de terre offrent au Champignon un substratum convenable.

⁂

Par les recherches que nous venons de signaler, le cycle de développement de ce Champignon — dès sa première apparition, comme élément destructeur de chlorophylle, dans la symbiose intime que constituent le plasma de la cellule hôte et celui du Champignon, jusqu'à la sortie des filaments mycéliens primaires par les stomates — serait fermé.

Reste à savoir, en partie, de quelle manière le plasma entre dans la plante-mère et comment il y vit ; en partie, si un développement plus ou moins analogue et indépendant de celui que nous venons de décrire peut se produire dans les tubercules de semence pendant le printemps ou l'été, chose qui n'est pas en elle-même invraisemblable, puisqu'il est de fait que le tubercule est l'organe même par lequel la vitalité non seulement du pied de Pomme de terre, mais encore du Champignon qui le parasite, est transmise d'une année à l'autre.

BIBLIOGRAPHIE

Appel O. — I. Beiträge zur Kenntnis der Kartoffelpflanze und ihrer Krankheiten. I. *Arb. a. d. Kais. Biol. Anst. f. Land-u. Forstwirthschaft,* Bd. 5, Berlin, 1907.

Bary (Anton de). — I. Die gegenwärtig herrschende Kartoffelkrankheit, ihre Ursache und ihre Verhütung. Leipzig, 1861.

— II. Recherches sur le développement de quelques Champignons parasites. *Ann. d. Sc. Nat.*, Sér. IV, Bot., T. 20, Paris 1863.

— III. Researches into the nature of the potato-fungus, *Phytophthora infestans. Journ. Bot.*, New Ser., Vol. 5, London 1876.

Berkeley (M. J). — I. Observations botanical and physiological on the potato murrain. *Journ. Hort. Soc.*, Vol. 1, London 1846.

Brefeld (O). — I. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. H. 5, Leipzig, 1883.

Clinton (G. P). — I. Downy mildew, or blight, *Phytophthora infestans* (Mont.) de By, of Potatoes. *Con. Agr. Exp. Stat.*, Rep. for the year 1904, p. 4, s. 364-384, May 1905.

— II. (Cont.) *Ibid.*, 1905, p. 5, s. 304-330, May 1906.

— III. Notes on fungus diseases etc., for 1906. *Ibid.*, p. 5, s. 309, May 1907.

— IV. Potato, Internal Brown Spot. *Ibid.*, Rep. 1907, p. 6, s. 355-357, May 1908.

— V. Artificial cultures of *Phytophthora*, with special reference to Oospores. *Ibid.*, Rep. 1908, p. 12, s. 891-907, July 1909.

— VI. Oospores of Potato Blight, *Phytophthora infestans. Ibid.*, Rep. 1909 et 1910, p. 10, s. 753-774, June 1911

Conklin (E. G). — I. The organisation and Cell-Lieage of the Ascidian Eggs. *Journ. Acad. Sc.*, Philadelphia, V. 13, 1905.

Driesch (H). — I. Betrachtungen über die Organisation des Eeies und ihre Genese, Anhang III. Einiges über die Organisation des Eies und über die ersten Entwickelungs vorgänge von Myzostoma. *Arch. f. Entw.-Mech.*, Bd. 4, 1897.

Eriksson (J). — I. Om potatissjrikan, dess historia och natur samt skyddsmedlen dåremat, Stockholm, 1884.

— II. Fläcksjuka a potatis. *Phytophthora*-vota. *Kgl. Landt.-Ak. H. o. T.*, Stockholm, 1899.

Eriksson (J). — III. Sur l'origine et la propagation de la Rouille des Céréales par la semence. *Ann. d. Sc. Nat.*, Sér. 8, Bot., T. 14, Paris, 1900.

— IV. (Cont.) *Ibid.*, T. 15, Paris 1901.

— V. Abnorma våderleksforhållandens inflytande på vegetationen. *Kgl. Landt.-Ak. H. o. T.*, Stockholm 1904.

— VI. Uber das vegetative Leben der Getreiderostpilze. I-IV. *Kgl. Vet. Hand.*, 1904-1904.

— **& Henning** (E). — I. Die Getreideroste, ihre Geschichte und Natur, sowie Massregeln gegen dieselben, Stockholm, 1896.

Farlow (W. G). — I. The potato rot. *Bull. Bussey Inst.*, Vol. I, p. 4, 1875.

Flight (W). — Voyez **Murray** (G).

Frank (A. B). — I. Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte. Berlin 1897.

— II. Untersuchungen über die verschiedenen Erreger der Kartoffelfäule. *Ber. d. Bot. Ges.*, Bd. 16, 1898.

Giddings (N). — Voyez **Jones** (L. R.).

Hecke (L). — I. Untersuchungen uber *Phytophthora infestans* de By als Ursache der Kartoffelkrankheit. Berlin 1898.

Held (H). — I. Untersuchungen über den Vorgang der Befruchtung. I. Der Anteil des Protoplasmas an der Befruchtung von *Ascaris megalocephala*. *Ark. f. Mikr. Anat.*. Bd. 89, Abt. II, 1916.

Henning (E). — Voyez **Eriksson** (J).

Holmgren (E). — I. Weitere Untersuchungen über die morphologisch nachweisbaren Stofflichen Veränderungen der Muskelfasern. *K. Sv. Vet. Ak. Handl.*, Bd. 49, N. 2, 1912.

— II. Die Trophospongien spinaler Ganglienzellen. *K. Sv. Vet. Ak.. Ark. f. Zool.*, Bd 9, N. 15, 1915.

Horne (A. S). — I. The Symptoms of internal disease and Sprain (Streak-disease) in potato. *Journ. Agr. Science*, V. 3, p. 3, Cambridge, 1910.

Jenkins (H. M). — I. Report on the cultivation of potatoes, with special reference to the potato-disease. *Journ. Roy. Agr. Soc. England*, S. 2, V. 10, London 1874.

Jones (L. R.), **Lutman** (B. F.) & **Giddings** (N. J). — I. Investigations of the potato fungus *Phytophthora infestans*. *Verm. Agr. Exp. St.*, Bull. 168, Burlington, 1912.

Kühn (J). — I. Uber die Verbreitung der Kartoffelkrankheit im Boden. *Zeitsch. Landw. Centr. Ver. Prov. Sachsen*, Jahrg. 27, s. 325-331. Halle 1870.

Lutman (B. F). — Voyez **Jones** (L. R).

Massee (G). — I. Perpetuation of « potato disease » and potato « leaf curl » by means of hybernating mycelium. *Roy. Bot. Gard. Kew, Bull. Misc. Inf.*, London 1906.

Matruchot (L.) & **Molliard** (M). — I. Sur le *Phytophthora infestans*. *Ann. Mycol.*, V. I, s. 540-543, 1903.

Melhus (J. E). — I. The perennial mycelium of *Phytophthora infestans*. *Centr.-Bl. Bakt.*, Abt. 2, Bd. 39, 1913.

— II. Hibernation of *Phytophthora infestans* in the Irish Potato. *Journ. Agr. Res. Dep. Agr.*, V. 5, Washington 1915.

Meves (F). — I. Über Mitochondrien bezw Chondriokonten in den Zellen junger Embryonen. *Anat. Anz.,* Bd. 31, 1907.

— II. Die Chondriosomen als Fräger erblicher Anlagen. Cytologische Studien am Hühnerembryo. *Arch. mikr. Anat. u. Entw.-Gesch.,* Bd. 72, 1908.

— III. Über die Beteiligung der Plastochondrien an der Befruchtung des Eies von *Ascaris megalocephala. Ibid.*, Bd. 76, 1911.

Molliard (M). — Voyez **Matruchot** (L).

Münter (J). — I. Die Krankheiten der Kartoffeln. Berlin, 1846.

Murphy (P. A). — Voyez **Pethybridge** (G. H).

Murray (G.) **&** **Flight** (W). — I. Examination of Mr A. Stephen Wilsons « sclerotia » of *Phytophthora infestans. Journ. Bot.,* V. 21, London 1883.

Pethybridge (G. H). — I. Considerations and experiments on the supposed infection of the potato crop with the blight fungus *(Phytophthora infestans)* by means of mycelium derived directly from the planted tubers. *Sci. Proc. of Roy. Dublin. Soc.,* V. 13 Dublin 1911.

— II. Investigations on potato diseases (Second Report). *Dep. Agr. and Techn. Instr. Ireland Journ.,* V. 11, Dublin 1911.

— III. (Cont.) (Third Report). *Ibid.,* V. 12, Dublin, 1912.

— IV. (Cont.) (Fourth Report). *Ibid.*, V. 13, Dublin 1913.

— V. **&** **Murphy** (P. A). — On pure cultures of *Phytophthora infestans* de Bary and the development of oospores. *Sci. Proc. of Roy. Dublin. Soc.,* V. 13, Dublin 1913.

— VI. Further Observations on *Phytophthora erythroseptica* Pethyb. and on the disease produced by it in the potato plant. *Ibid.*, V. 14, Dublin 1914.

— VII. Investigations on potato diseases. (Fifth Report). *Dep. Agr. and Techn. Instr. Ireland,* V. 14, Dublin, 1914.

— VIII. (Cont.) (Sixth Report). *Ibid.*, V. 15, Dublin 1915.

Plowright (C. B). — I. The potato disease and Mr. Wilson's scleroties. *Gard. Chron.,* V. 18, London 1882.

Rostrup (E). — I. Plantepatologi, Köbenhavn 1902.

Smith, Worthington (W). — I. The resling-spores of the Potato. Disease. *Gard. Chron.,* V. 4, 1875, 17 June.

— II. (Cont.) *Ibid.,* V. 6, 1876, 1 July, s. 10.

— III. The Potato Fungus. Germination of the resting spores. *Ibid,* S. 39.

— IV. Diseases of Field and Garden Crops, London 1884.

Smorawski (J). — I. Die Entwickelungsgeschichte der *Phytophthora infestans* (Mont.) de By. *Landw. Jahrb.*, Bd. 19, s. 1-12, Berlin 1890.

Wilson (A. Stephen). — I. The potato disease. *Gard. Chron.*, V. 18, London 1882, 7 Oct., s. 460.

— II. (Cont). *Ibid.*, s. 525.

— III. Potato disease and parasitism. *Trans. Proc. Bot. Soc.*, V. 10, s. 65-66, Edimbourg 1891.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHES 4 et 5

Origine et germination des oospores.

Fig. 1-2. — Tissu foliaire désorganisé, avec deux oospores (1 = 300/1; = 1000/1).

Fig. 3. — Tissu foliaire désorganisé, avec deux oospores (1000/1).

Fig. 4. — Tissu foliaire désorganisé, avec trois oospores (300/1).

Fig. 5-7. — Tissus foliaires désorganisés, avec anthéridies et oogones (1000/1).

Fig. 8. — Anthéridies et oogones ; *a* et *b*, phases plus jeunes ; *c*, phase mûre (1000/1).

Fig. 9. — Oospore germant, située auprès d'un stomate ; *a* microphotographie, *b* dessin à la main ; ♂ reste d'une anthéridie (850/1).

Fig. 10. — Oospore ayant germé; en face de celle-ci, filament mycélien se terminant par une oogone (850/1).

Fig. 11. — Filament mycélien sortant par un stomate de la face supérieure d'une feuille (850/1). [Les autres figures des planches 4-5 et 6-7 montrent des filaments qui sortent par ceux de la face inférieure].

Fig. 12. — Deux filaments mycéliens sortant par un stomate.

PLANCHES 6 et 7

Développement du mycélium primaire aérien.

Fig. 13. — Filament mycélien portant une seule ramification; deux corpuscules arrondis et isolés, localisés à l'intérieur de l'ostiole.

Fig. 14. — Les mêmes que dans la figure 13 (850/1).

Fig. 15. — Filament mycélien simple portant une petite ramification (750/1).

Fig. 16. — Deux filaments mycéliens, l'un bifurqué, l'autre simple, sortant par le même stomate (500/1),

Fig. 17. — Trois filaments mycéliens bien différenciés sortant par trois stomates (300/1).

Fig. 18. — Deux filaments sortant par le même stomate ; l'un portant, aussitôt sorti, une spore aérienne qui se détache ; l'autre pénétrant plus loin du stomate et se terminant par une spore aérienne (*a* = 300/1 ; *b* = 1000/1).

Fig. 19. — Deux spores détachées de leur support (300/1).

Fig. 20. — Jeune rameau du mycélium à ramification secondaire (500/1).

Fig. 21. — Jeune filament du mycélium, à gonflements et à deux ramifications secondaires (500/1).

Fig. 22. — Deux spores aériennes qui se développent comme des zoosporanges 500/1).

Fig. 23. — Zoosporange mûr (1000/1).

Fig. 24. — Zoosporange sur le point d'émettre les zoospores (1000/1).

PLANCHES 8 et 9

Vie plasmique du Champignon; *phases de repos et de désagrégation de la chlorophylle ; stade nucléolaire.*

Fig. 25. — Tissu cellulaire provenant de la région vert foncé (zone *d*, fig. 5 dans le texte), qui entoure la tache malade primaire (750/1).

Fig. 26. — Cellule solitaire de la même région (1000/1).

Fig. 27-29. — Cellules de la région vert pâle (zone *c*) de la tache (phase de (*désagrégation*) (27 = 500/1 ; 28-29 = 1000/1).

Fig. 30-33. — Cellules de la même région que les figures 27-29 ; le corps plasmique de la cellule a subi des modifications de structure (phase nucléolaire) 30 = 500/1 ; 31-33 = 1000/1).

PLANCHES 10 et 11

Apparition des filaments mycéliens primaires dans le tissu foliaire.

Fig. 34-37. — Cellules de la même zone que figures 27-33 ; la structure du corps plasmique encore plus altérée [phase de maturation] (1000/1).

Fig. 38-39. — Deux cellules dont le plasma sort dans les méats intercellulaires sous la forme de filaments (1000/1).

Fig. 40. — Jeune filament sortant du côté d'une cellule palissadique (1000/1).

PLANCHES 12 et 13

Apparition des filaments mycéliens primaires (Cont.)

Fig. 41. — Tissu cellulaire à amas plasmiques occupant l'extrémité intérieure de toutes les cellules palissadiques ; jeunes filaments mycéliens sortant de là.

Fig. 42 *a*. — Les trois cellules gauches de la figure 41 plus fortement grossies. — Fig. 42 *b*. — Une de ces cellules, la troisième à compter de gauche ; même grossissement. — Du côté droit (42 *b*) de la cellule de la figure 42 *a* on voit sortir deux filaments primaires (1000/1).

Fig. 43 *a* et *b*. — Deux émissions de plasma ; l'une, qui se produit au centre de la cellule, porte deux ramifications dont la plus longue se dirige en dedans, la plus courte en dehors de la cellule ; l'autre, qui se fait par l'extrémité de la cellule, a pris la forme d'un Champignon à chapeau en miniature (1000/1).

Fig. 44-45. — Emission de plasma se faisant par l'extrémité extérieure d'une cellule palissadique ; prenant la forme d'un filament très mince en dedans de l'épiderme (1000/1).

PLANCHES 14 et 15

Origine des anthéridies et des oogones.

Fig. 46. — Deux oogones terminales (450/1).

Fig. 47. — Jeune oogone intercalaire, à deux points de contact (450/1).

Fig. 48. — Jeune oogone intercalaire à trois points de contact (450/1).

Fig. 49 *a*. — Filament qui présente une oogone intercalaire et une autre terminale ; oogone détachée (600/1) ; *b*, le même en dessin à la main (850/1).

Fig. 50. — Tissu cellulaire désorganisé montrant trois oogones libres (600/1).

Fig. 51. — Tissu cellulaire désorganisé à deux filaments, l'un à côté de l'autre, l'un plus mince (femelle ?) et l'autre plus épais (mâle ?) (850/1).

Fig. 52. — Filament épais (mâle ?) (1000/1).

Fig. 53. — Filament épais et ramifié (mâle ?) dont la ramification montre une tendance à se cloisonner.

Fig. 54-55. — Deux filaments, l'un mâle (♂), l'autre femelle (♀), qui s'unissent.

TABLE DES MATIÈRES

TOME VINGT-NEUVIÈME

Introduction 257

A. Anciennes et nouvelles hypothèses sur la perpétuation de la maladie de la Pomme de terre 259

1. Mycélium hivernant dans le tubercule malade et croissant en suivant le développement de la plante. 260
2. Mycélium persistant dans le sol 260
3. Spores de repos (oospores) du Champignon. 305
4. Etat plasmique du Champignon. 305
5. Mycélium hivernant dans le tubercule malade qu'il couvre de fructifications ; de là l'infection du feuillage s'accomplissant au moyen deconidies. 306
6. Mycélium latent pénétrant la plante entière. 307

B. Nouvelles investigations approfondies. 308

1. Recherches de Clinton (1904-1910). 308
2. Recherches de Jones, Lutman et Giddings (1904-1912) . . . 314
3. Recherches de Pethybridge et Murphy (1911-1913). 317
4. Recherches de Melhus (1912-1915). 337

C. L'état actuel du problème de l'hivernation. 340

D. Etudes et observations de l'auteur 342

1. Eruption précoce de l'altération au printemps 342
2. Etude anatomique des taches primaires. 378
   a. Immersion dansla paraffine. 378

TOME TRENTIEME

b. Pétioles. Renferment-ils le mycélium ou non ? 18

c. Taches foliaires primaires 19

α) Oospores du Champignon 19

β) Origine sexuée des oospores 24

γ) Germination des oospores. 25

δ) Phase plasmique du Champignon. 27

ε) Apparition des premiers filaments mycéliens. 50

ς) Origine des anthéridies et des oogones 52

3. Principaux résultats des recherches 53

Bibliographie. 56

Explication des planches 60

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

BROOKS, S.-C. — **A new method of studying permeability** (Nouvelle méthode pour étudier la perméabilité). *(Bot. Gaz.,* Octobre 1917, Vol. LXIV, n° 4, p. 306 ; Chicago).

La méthode repose sur la diffusion de sels ou d'autres substances au travers d'un diaphragme de tissu vivant. Le meilleur matériel est un fragment de thalle de *Laminaria Agardhii* (Algue commune sur les côtes de la Nouvelle Angleterre, autrefois confondue avec *L. saccharina).*

Le protoplasma de *Laminaria* est normalement perméable aux sels de l'eau de mer. Si l'on augmente la concentration de sels de sodium, la perméabilité augmente pour atteindre son maximum à la mort du tissu. Les sels de calcium et de lanthane diminuent la perméabilité jusqu'à une certaine concentration ; au delà de cette concentration, la perméabilité augmente pour atteindre son maximum à la mort du tissu, comme pour les sels de sodium.

Jean FRIEDEL

J. ARTHUR HARRIS ET JOHN V. LAWRENCE. — **Cryoscopic determinations on tissue fluids of plants of jamaican coastal deserts.** (Déterminations cryoscopiques sur les liquides extraits de plantes des déserts situés sur les côtes de la Jamaïque). *(The Botanical Gazette,* Vol. LXIV, n° 4, p. 285, Chicago, Octobre 1917).

Ce travail fait partie d'une série de recherches ; d'autres expériences ont été faites sur les plantes des rochers de l'Arizona et sur des végétaux développés dans la région tempérée où se trouve la Station d'études expérimentales sur l'évolution.

Dans leur ensemble, les espèces des déserts de la Jamaïque ont des sucs dont la concentration est aussi élevée sinon un peu plus que celle des sucs des plantes de l'Arizona. La concentration de la sève des feuilles des végétaux ligneux est deux ou trois fois celle qu'on trouve dans les régions tempérées.

Les plantes récoltées sur les rochers présentent des sucs très concentrés, plus que ceux des plantes des rochers de l'Arizona, mais leurs constantes cryoscopiques sont inférieures à celles des plantes croissant dans les déserts de la côte.

Le suc des Cactus a une concentration osmotique très inférieure à celle des feuilles coriaces ou succulentes des arbres. Chez le *Bryophyllum pinnatum* et chez le *Bromelia Pinguin* la concentration est beaucoup plus faible que chez les autres espèces étudiées.

Jean FRIEDEL.

J. W. HOTSON. — **Notes on bulbiferous Fungi with a key to described species.** (Note sur les Champignons bulbilifères avec une clef pour décrire les espèces) (avec 3 planches et 6 figures. *The Botanical Gazette,* Vol. LXIV, n° 4, p. 265, Chicago, Octobre 1917).

Chez les Champignons, on appelle bulbilles des organes reproducteurs formés d'une masse compacte de cellules de forme plus ou moins définie. La bulbille se développe d'ordinaire aux dépens d'une masse primitive formée de plus d'une cellule. Ce mode de reproduction est fréquent chez certains Champignons; pour plusieurs espèces c'est le seul mode connu. L'auteur a décrit un certain nombre d'espèces nouvelles de Champignons à bulbilles, espèces toutes américaines : *Papulospora pallidula ; P. byssina ; P. aurantiaca ; P. nigra ; P. magnifica.* Jean FRIEDEL.

M. CHEVELEY RAYNER. — **Obligate symbiosis in *Calluna vulgaris*** (Annals of Botany, vol. XXIX, Jan. 1915).

Voici comment l'auteur résume les résultats de ses recherches sur la symbiose chez *Calluna vulgaris.*

1° Comme beaucoup d'autres Ericacées, *Calluna vulgaris* possède une racine à mycorrhizes.

2° L'infection se produit peu après la germination; elle a son foyer dans le testa de la graine.

3° Cette infection affecte toutes les parties de la plantule.

4° Chez la plante adulte, le champignon se trouve non seulement dans les racines, mais aussi dans les parties aériennes (tige, feuilles, fleurs, fruits.)

5° L'ovaire, et plus tard le jeune fruit, renferment du mycélium dans tous leurs tissus internes.

6° Dans la graine à l'état de vie latente, l'embryon et l'endosperme sont purs de toute infection.

7° On peut stériliser les graines et les faire germer à l'abri de toute infection fungique et bactérienne.

8° Dans ce cas, les racines ne se développent pas et les plantules peuvent vivre plusieurs mois, mais sans s'accroître.

9° Le champignon a été cultivé en culture pure et les plantules infectées expérimentalement se sont développées normalement; la synthèse des deux symbiotes est de la sorte réalisée.

10° Morphologiquement, ce champignon ressemble à un *Phoma.* Cependant, eu égard à sa distribution dans la plante et à ses curieux rapports biologiques avec elle, l'auteur propose d'en faire un sous-genre nouveau auquel il donne le nom de *Phyllophoma.*

11° L'infection ovarienne a été observée chez d'autres Ericacées *(Ledum palustre, Rhododendron* sp. pl., *Arbutus Unedo, Vaccinium Vitis-Idæa,* etc.)

12° Il n'a pas été possible de remplacer par des substances azotées organiques le « stimulus » qui provoque le développement après l'infection mycélienne.

A.-Pierre ALLORGE

Nemours. — Imp. Henri BOULOY. *Le Gérant :* Henri BOULOY.

PTYCHOMITRIUM SUBCRISPATUM Thér. et P. de la V.

(Spec. nov. natalensis)

par M. R. POTIER de la VARDE

Autoicum. *Cespites* hemisphærici sat cohærentes, lœte virides. *Caulis* erectus, ramosus 25-30 mm. altus. *Folia* linearilanceolata, acuminata, concava, 3^{mm},5-4 mm. longa, humore patula inflexa, siccitate crispata, integra vel interduem in apice leviter sinuata. *Cellulæ* basilares orthogoniæ, marginales subrectangulæ (25-27 μ × 13 μ) lucidæ, mediæ et superiores regulariter seriatæ, minores, obscuræ, subquadratæ (10 × 8 μ) (illarum minore mensura atque costa parallelis).

In *sectione transversali* folia tantum ex una stratura cellularum composita, præterea : 1° ad margines ubi sunt in duas divisæ 2-3 cellulæ pulvinum formantes ; 2° ad dimidium texti (inter margines et costam) ubi reperitur interdum unica cellula divisa.

Costa crassa, ad dorsum nitida, paulo ante apicem evanida, ad basim 100-120 μ lata, ad medium 90 μ, ad apicem circa 40 μ ; in sectione transversali 6-7 eurycystes offerens. *Perichætia* numerosa et propter productionem caulinis sæpe adjacentia : Archegonia 1-3, eparaphysata. Folia perichætialia aliorum haud dissimilia sed paulo majora ; in eodem perichætio sæpissime 2 archegonia fecundata sporogonia generantia.

Perigonia perichætiis continentia et infra posita, gemmiformia, gracilia, acuta. Folia perigonialia perpauca in obtuso acumine sensim extenuata. Fructus crebrissimi. *Capsula* oblongocylindrica, *angusta*, pallida. 1 mm. longa in pedicello flavo 4 mm. alto, erecta. Operculum longitudinem thecæ subœquans. Peristomii dentes dense papillati, haud divisi sed fere usque ad basim linea divisurali notati.

Sporæ minutissime granosæ, 14-15 μ latæ.

Habitat : Van Reenen. Natal. 5000 ft. Coll. H.-A. Wager.

Cette Mousse faisait partie des indéterminées de l'herb. Paris. A

la fin d'avril 1911, le collecteur M. Horace-A. Wager, du Transvaal University College (Prétoria) l'avait envoyée au général Paris pour la détermination, en même temps que *Braunia diaphana* C.-M. de la même localité. Ces deux espèces, arrivées en France après la mort du destinataire, furent incorporées à l'herbier, où je les ai retrouvées.

Avant de discuter les affinités de l'espèce nouvelle, une remarque ne sera pas superflue sur le choix du nom générique *Ptychomitrium* adopté au lieu de *Glyphomitrium* usité par Brotherus (in *Engl. und Prantl-Natürpflanzenfamil.* p. 441).

Dans un article intitulé : *Quelques observations sur la nomenclature bryologique* (Rev. Bryol. 1913, p. 41), M. Cardot a démontré que, conformément aux règles de la nomenclature, *Glyphomitrium Daviesii* (Sm) Brid, ayant été reconnu par M. Hagen, comme étant un vrai *Aulacomitrium*, le nom de *Glyphomitrium* devait remplacer celui de *Aulacomitrium* Mitt. Par suite, l'ancien *Glyphomitrium* (sensu lato) devait recevoir un autre nom. M. Cardot a proposé celui de *Ptychomitrium* (Fürn) 1829, de préférence à *Brachysteleum* Reich. 1828, en raison du nombre beaucoup moins considérable de nouveaux binomes que ce changement devait entraîner. En conséquence, dans les lignes qui vont suivre, le premier sous-genre du genre *Ptychomitrium* (sensu lato = *Glyphomitrium* Brid. Broth, p. 440) sera désigné sous le nom de *Euptychomitrium* (= *Ptychomitrium* Schimp. Broth, p. 441).

A première vue, *P. subcrispatum* ressemble beaucoup à *P. crispatum* (Hook. et Grev.) Schimp, avec lequel il pourrait être confondu si l'on se bornait à un examen superficiel. Il en diffère surtout par l'anatomie de l'appareil végétatif. De plus les fleurs ♂ et ♀ ainsi que la capsule présentent quelques particularités qui permettent de le distinguer. Le tableau suivant mieux qu'une description détaillée mettra ces différences en évidence.

Pty. crispatum (Hook et Grev.) Schimp.	**Pty. subcrispatum** Thér. et P. de la V.
Gazons et tiges rigides, d'un vert obscur le plus souvent noirâtres à l'intérieur.	Touffes et tiges assez lâches, d'un vert gai, brunes à l'intérieur.
Epaisseur des feuilles allant en	Feuilles composées dans toute leur

croissant depuis la base jusqu'au sommet. D'abord une simple couche de cellules (fig. $2^{d''}$), puis une couche avec quelques cellules dédoublées, mais sans marge distincte (fig. $2^{d'}$). Enfin 2 couches (fig. 2^{d}) qui se dédoublent dans la partie supérieure pour donner 2 couches 1/2 (fig. 2^{c}) et souvent même à la pointe 3 couches (fig. 2^{b}).	longueur d'une seule couche de cellules sauf aux marges où 2 à 3 cellules sont dédoublées de façon à former un bourrelet, visible par transparence. Parfois à mi-distance entre les marges et la nervure on rencontre encore *une* cellule dédoublée (fig. 1^{b}, 1^{c}, 1^{d}).
Cellules moyennes et supérieures opaques 7 μ.	Cellules moyennes et supérieures plus translucides 10 μ (fig. 1^{i})
Nervure, à la pointe, se distinguant mal du tissu voisin, par suite de l'opacité de ce dernier.	Nervure distincte même à la pointe.
En coupe transversale la nervure présente dans la partie inférieure *moyenne :*	Nervure offrant :
1° 8 à 9 eurycystes.	1° 6 à 7 eurycystes.
2° un épiderme ventral composé de 12 à 15 cellules, à petit lumen, peu distinctes des cellules de l'assise hypodermique (fig. 2^{c}, 2^{d}, $2^{d'}$).	2° épiderme ventral composé de cellules plus grandes, moins nombreuses, mieux différenciées par rapport à l'hypoderme (fig. 1^{c}, 1^{d}).
Feuilles parfaitement entières même à la pointe.	Feuilles présentant parfois à la pointe de grossières ébauches de dents (fig. 1^{i} S)
Fleurs ♂ constituées par un bourgeon souvent trapu, d'aspect presque globuleux, ou bien bourgeons ♂ moins épais, mais géminés ± longuement stipités, souvent subsessiles. Feuilles périgoniales nombreuses brièvement acuminées (fig. 2^{e}, $2^{e'}$).	Fleurs ♂ représentant un bourgeon grêle et aigu, solitaire, nettement et parfois assez longuement stipité. Feuilles périgoniales très peu nombreuses, insensiblement et largement acuminées (fig. 1^{e}, $1^{e'}$).
Périchèzes ne contenant le plus souvent qu'une seule capsule (fig. 2^{a}).	Très fréquemment deux capsules par périchèze (fig. 1^{a}).
Capsule cylindrique obovale (fig. 2^{f}).	Capsule plus étroite, élancée (fig. 1^{f}).
Après la sporose, columelle ne subsistant guère au-delà de la 1/2 de la longueur de la capsule, très souvent plus courte (fig. 2^{f}).	Columelle atteignant fréquemment les 3/4 de la capsule (fig. 1^{f}) après la sporose.

Spores presque lisses, assez inégales dans la même capsule (9-12-15 μ).	Spores très finement chagrinées, de diamètre plus constant (14-15 μ).

Comme on peut le constater, *P. subcrispatum* se tient à la limite des deux sous-genres *Euptychomitrium (Ptychomitrium* Schimp.) et *Brachysteleum* Schimp., tels qu'ils sont définis par Brotherus (loc. cit., p. 441). Par la taille, les feuilles entières, les dents du péristome dotées d'une ligne divisurale, mais cependant non divisées jusqu'à la base, c'est sans aucun doute un *Brachysteleum*. Mais il présente en même temps quelques particularités qui sont autant d'affinités pour le s.-g. *Euptychomitrium*. Ce sont d'abord les périchèzes contenant le plus souvent *deux* capsules. On trouve quelquefois il est vrai une capsule isolée, mais la plupart du temps dans ce cas même le périchèze dont elle émerge est si voisin d'un périchèze à deux capsules qu'il est possible de croire à la présence de trois sporogones issus d'une même fleur ♀. Il faut alors la dissection de ces organes pour se convaincre qu'il s'agit bien de deux fleurs ♀ différentes situées presque au même niveau. En second lieu, comme l'indique la description, certaines feuilles, sans être dentées à proprement parler, présentent vers la pointe une grossière ébauche de dents, accusant ainsi une nouvelle tendance vers le premier sous-genre dont elles esquissent les feuilles caractéristiques. Il convient d'ailleurs de remarquer que *P. subcrispatum* n'est pas le seul *Brachysteleum* à présenter des caractères d'*Euptychomitrium*. On rencontre en effet des échantillons de *P. crispatum*, qui à tous autres points de vue semblent bien caractérisés et qui offrent dans la même touffe des tiges à périchèzes monocarpiques à côté de tiges à périchèzes polycarpiques. Aucun autre caractère morphologique ou anatomique ne différencie ces dernières tiges des premières avec lesquelles elles sont intimement mêlées. Elles paraissent constituer un *état* de la plante plutôt qu'une vraie *variété*. Pour ce motif la création d'une var. *dicarpum* du *P. crispatum* ne pourrait se justifier que pour souligner le passage constaté entre les deux sous-genres. Ainsi, le seul examen des périchèzes ne saurait suffire pour reconnaître à coup sûr les deux espèces, puisque ce qui est la règle chez l'une se retrouve chez l'autre à l'état d'exception et inversement. Il est indispensable d'étudier l'anatomie de la feuille et d'examiner des coupes faites à des niveaux différents. Le limbe de

P. crispatum est en effet unistratifié à la base comme celui de *P. subcrispatum*, et ce n'est que progressivement que la première couche de cellules se dédouble. Le dédoublement effectué et le limbe offrant partout deux couches, il n'est pas rare cependant de constater un retour à la structure simple pour une ou deux cellules (fig. 2^d en *n*). C'est encore l'inverse de ce qui se produit chez *P. subcrispatum*, où (au même niveau) le limbe unistratifié devient bistratifié. Il faut noter toutefois que *P. subcrispatum* ne présente jamais plus d'une cellule dédoublée entre marges et nervure, alors que *P. crispatum* offre fréquemment deux à trois cellules simples contigues. Remarquons encore que dans les épaississements successifs du limbe de *P. crispatum*, il n'y a jamais localisation aux marges de façon à constituer un bourrelet comme dans l'espèce voisine.

Dans l'herbier E.-G. Paris j'ai retenu comme pouvant se rapporter au *P. crispatum* var. *dicarpum* un spécimen provenant du Pondoland *(ex musæo botanico berolinensi)*, et parmi les nombreux échantillons du Muséum de Paris, dont je dois la communication à l'obligeance du Docteur Camus : 1° Trois échantillons de Drège : « *Flora Afric-boreal.* » 2° une récolte abondante (ex part.) de Breutel : « *Tafelberg-Capstadt* ».

EXPLICATION DE LA PLANCHE 17

1. *Pty. subcrispatum* Thér. et P. de la V.

1. *a)* Tiges isolées, grand. nat.
   b) Coupe d'une feuille vers le sommet.
   c) Coupe d'une feuille vers le milieu. × 165
   d) Coupe d'une feuille vers la base.
   (m = cellules dédoublées).
   e, é) Fleurs ♂
   f) Capsule × 19
   g, h) Feuilles
   i) Pointe d'une feuille (en S ébauche de dents)
   k) Tissu à la base. × 285
   l) Coupe transversale d'une feuille (en *m*, cellule dédoublée × 500

2. *Pty. crispatum* (H. et Grev.) Schp.

2. *a)* Tiges isolées. Grand. nat.
   b) Coupe d'une feuille vers le sommet.
   c) Coupe d'une feuille vers le milieu.
   d, d', d") Coupes vers la base à différentes hauteurs. (en *n* cellules simples) × 165
   e, e') Fleurs ♂.
   f) Capsule

(Travail fait au laboratoire de Botanique générale de la Faculté des Sciences de Rennes).

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES

SUR LE

RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Influence de la lumière sur la formation des glucosides anthocyaniques. — Senebier, Marquart, Sachs, Sorby, Askenasy, Beulaygue, Gertz, Fischer, ont montré que certaines plantes développées à l'obscurité peuvent y donner des fleurs colorées *(Crocus, Tulipa, Iris,* etc.). Pour d'autres espèces, les fleurs ne se colorent normalement que si les boutons ont été éclairés jusqu'à un moment plus ou moins voisin de leur épanouissement. Enfin, de nombreuses espèces produisent à l'obscurité des fleurs complètement incolores.

La formation des glucosides anthocyaniques ne paraît possible dans ces différents cas, en l'absence de lumière, que si les organes où doit avoir lieu la pigmentation ont à leur disposition des réserves de substances nutritives. Des plantes dont les fleurs ne se pigmentent pas lorsque l'individu entier est maintenu à l'obscurité, donnent au contraire à l'obscurité des fleurs colorées si une partie des tiges feuillées de l'individu étudié se développent à la lumière et peuvent ainsi y produire une certaine quantité de matériaux nutritifs (Vöchting). Costerus considère que la pigmentation des fleurs de certaines espèces à l'obscurité dépend de la quantité de substances chromogènes se trouvant à la disposition des fleurs mises à l'obscurité.

La lumière ne semble donc intervenir que d'une manière indirecte dans la formation des glucosides anthocyaniques des fleurs.

Askenasy, Müller Thurgau, Costerus et Laurent ont fait connaître des faits analogues pour la pigmentation des fruits ; certains se colorent normalement lorsqu'on les oblige à se développer à l'obscurité le reste de la plante restant éclairé (raisins), ou se colorent uniformément lorsqu'une partie seulement du fruit est mise à l'obscurité, l'autre partie se trouvant à la lumière (fruits de *Rosa*, *Cratægus*, *Sambucus)*. Les pommes au contraire et divers autres fruits ne se colorent que sur les parties exposées au soleil.

Morren, Sachs, Hallier, Genau, Gertz, Friedel, Chartier et Colin, ont étudié de nombreux cas de production de glucosides anthocyaniques à l'obscurité dans des feuilles *(Beta, Orchis,* etc.) des tiges *(Solanum tuberosum),* des racines *(Beta,* diverses Crassulacées), des germinations (*Secale, Phalaris, Brassica,* etc.)

Les expériences de Katic viennent à l'appui de l'opinion d'après laquelle la lumière n'agirait sur la formation des glucosides anthocyaniques que d'une manière indirecte, et seulement comme la source des substances nutritives aux dépens desquelles se constituent ces glucosides. Il a en effet montré que des organes susceptibles de former des pigments anthocyaniques à la lumière, et incapables d'en produire à l'obscurité, peuvent au contraire en former dans ces dernières conditions si on met à leur disposition des aliments sucrés (saccharose, glucose ou lévulose).

Les travaux de Voigt, Macaire Princeps, Duchartre, Weretennikow, Askenasy, Schell, Gaston Bonnier, Flahault, Batalin, Pynaert, Dufour, Devaux, Benecke, Noll, Heim, Landel, Mirande, Overton, Katic, Gertz, Palladine, Abbott, ont montré qu'en général les organes végétatifs susceptibles de produire des glucosides anthocyaniques n'en forment qu'à la lumière, et que l'intensité de la pigmentation est d'autant plus grande que l'éclairement est plus considérable. Le plus souvent même les parties directement exposées à la lumière sont seules fortement colorées tandis que les autres sont dépourvues de pigment.

Rivière et Bailhache ont constaté, en dosant les sucres dans les parties rouges et les parties vertes d'un même fruit (poire, raisin) que les régions ayant rougi sous l'influence d'un éclairement intense sont plus riches en sucres que les parties vertes. J'ai montré que les feuilles rouges *(Ampelopsis hederacea)* chez lesquelles la formation des glucosides anthocyaniques est due à un éclairement intense, sont beaucoup plus riches en hydrates de carbone solubles et insolubles que les feuilles vertes moins éclairées. Peut-être l'action directe de la lumière intervient-elle dans certaines circonstances particulières, mais il semble bien que dans la grande majorité des cas où il existe une relation entre l'éclairement et la pigmentation, cette relation soit indirecte, la formation des glucosides anthocyaniques n'étant influencée, d'une manière directe, que par l'accumulation locale de substances nutritives, phénomène placé lui-même sous l'influence de l'éclairement.

Influence de la température. — Les basses températures favorisent la formation des glucosides anthocyaniques (Kraus, Chargueraud, Mer); le rougissement de certaines feuilles en automne et en hiver est un exemple de cette action de la température sur la pigmentation. Il existe d'autre part de nombreuses observations relatives à une coloration plus intense des plantes croissant dans les régions froides (Gaston Bonnier, Flahault). Les expériences d'Overton et de Klebs ont nettement mis en évidence la production de quantités élevées de pigments aux basses températures et de quantités faibles ou nulles à une température élevée. Katic constate également le même phénomène chez quelques-unes des espèces étudiées par lui à ce point de vue *(Rosa, Saxifraga cordifolia)*; mais il remarque le phénomène contraire chez d'autres espèces ; tandis que les premières se pigmentent plus rapidement entre 1° et 10° qu'à une température plus élevée, les dernières se colorent plus vite au-dessus de 10° qu'au-dessous.

L'abaissement de la température agit en diminuant : 1° l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne, d'où diminution de la quantité de substances nutritives produites ; 2° la formation d'amidon aux dépens des sucres, d'où augmentation de la teneur en sucres ; 3° la croissance, d'où accumulation de substances nutritives non employées ; 4° la migration des substances, d'où également accumulation de substances nutritives aux points où elles se forment. L'action du froid sur le premier phénomène aboutit à une diminution dans la teneur des organes en substances nutritives, l'action sur les trois autres phénomènes aboutit au contraire à une accumulation de ces substances. Overton a constaté, en étudiant la teneur en sucres des feuilles ayant produit des glucosides anthocyaniques sous l'influence des froids de l'automne que les feuilles rouges sont beaucoup plus riches que les feuilles vertes de l'été. J'ai montré, d'autre part, que des feuilles de *Rosa canina, Sorbus latifolia, Mahonia aquifolium,* ayant rougi sous l'influence des basses températures automnales, renferment une quantité de sucres et de glucosides plus grande que les feuilles vertes de ces plantes récoltées quelques jours avant le rougissement. Par conséquent, la résultante de l'action des basses températures sur les divers phénomènes dont il vient d'être question est l'accumulation dans les tissus de composés sucrés. Il semble bien que ce soit en déterminant ainsi l'accumulation des matières sucrées dans les organes que les basses températures favorisent la formation des glucosides anthocyaniques.

Ce qui vient d'être dit sur l'action accélératrice exercée par la lumière d'une part, et par le froid, d'autre part, sur la production des glucosides anthocyaniques, fait prévoir que l'alternance de nuits froides et de jours très éclairés favorise très activement le phénomène de la pigmentation. Les plantes des montagnes, dont les couleurs sont plus vives que celles des mêmes espèces développées dans les plaines, constituent d'excellents exemples de cette action. De nombreuses observations ont été faites dans ce sens (Mohl, Kraus, Haberlandt, Mer, Schell, Gaston Bonnier, A. Pellat, Flahault, Kerner) et Gaston Bonnier démontra expérimentalement l'action accélératrice exercée sur la pigmentation par l'alternance du froid pendant la nuit et d'un éclairement intense pendant le jour, en exposant différentes espèces végétales pendant la nuit aux basses températures d'une glacière et pendant le jour à une vive lumière.

Dans ces conditions, il semble bien que ce soit encore en déterminant une accumulation de substances nutritives solubles que la lumière et le froid interviennent dans la production des glucosides anthocyaniques.

Influence de l'état hygrométrique du milieu extérieur. — La formation des glucosides anthocyaniques est activée par la sécheresse de l'air et par celle du sol. Molisch a constaté cette augmentation de la pigmentation des plantes lorsqu'on les arrose peu. Gain a montré expérimentalement que les tubercules *(Solanum tuberosum, Helianthus tuberosus)* développés en sol sec forment plus de pigment que ceux qui croissent en sol humide. Warming a observé que diverses espèces végétales qui sont vertes lorsqu'elles vivent dans l'eau, deviennent rouges lorsqu'elles sont cultivées sur de la terre. Les recherches expérimentales d'Eberhardt ont montré que le développement dans l'air sec détermine dans les divers organes une production de pigment rouge plus considérable que le développement dans l'air ordinaire ou dans l'air humide. Miyoshi a décrit le rougissement des feuilles de certains arbres tropicaux qui se produit pendant la saison sèche.

Il semble que la sécheresse de l'air et du sol n'interviennent dans la production des glucosides anthocyaniques, qu'en augmentant directement et indirectement la concentration du suc cellulaire dans les tissus soumis à ces actions.

Relations entre la formation des glucosides anthocyaniques et la présence de la chlorophylle. — La production des pigments du groupe de l'anthocyane dans les organes chlorophylliens est généralement accompagnée de la disparition de la chlorophylle, et c'est cette simultanéité dans l'apparition de l'anthocyane et la destruction de la chlorophylle qui avait conduit les anciens auteurs à considérer l'anthocyane comme résultant de la transformation de la chlorophylle.

Il semble exister une relation entre la modification des échanges gazeux chlorophylliens qui survient au moment où la chlorophylle disparaît et la formation des glucosides anthocyaniques. J'ai montré, en effet, en étudiant les échanges gazeux dans les organes en train de former des anthocyanes, que la variation que subissent ces échanges au cours de ce phénomène portent surtout sur la fonction chlorophyllienne. Quelles que soient les causes qui provoquent la formation ou la disparition des pigments anthocyaniques, le rapport de l'anhydride carbonique absorbé à l'oxygène dégagé pendant l'assimilation est toujours plus élevé pendant le rougissement que dans les conditions normales ; au contraire, au moment où l'anthocyane disparaît, on constate que ce rapport subit une diminution notable. La formation des pigments anthocyaniques dans les organes verts paraît donc être liée aux phénomènes d'assimilation. Au contraire, la nature des échanges gazeux respiratoires est peu modifiée pendant l'apparition des glucosides anthocyaniques.

La production des glucosides anthocyaniques peut toutefois se produire dans des organes ou parties d'organes n'ayant jamais contenu de chlorophylle (Mer). Gertz a montré que ces composés peuvent apparaître dans les régions dépourvues de chlorophylle des feuilles panachées ; ils se forment fréquemment dans des organes ne contenant jamais de pigment chlorophyllien (racines) ; enfin ils existent dans des plantes sans chlorophylle.

Formation de glucosides anthocyaniques à la suite de lésions diverses. — Les glucosides anthocyaniques peuvent apparaître dans un grand nombre d'espèces végétales lorsque certains organes ont été lésés plus ou moins profondément. Wiesner, Polacci, Goiran, Molisch, Palladine, ont cité de nombreux cas d'organes ayant été ainsi pigmentés à la suite de blessures diverses. Kraus, A. Gautier, Berthold, Daniel, Linsbauer, Küster, Wheldale, ont observé des cas de rougissement de tiges, de pétioles et de feuilles survenu à la suite de décortications annulaires pratiquées sur les tiges ou les pétioles. J'ai étudié expérimentalement la formation des anthocyanes dans ces conditions et montré que la pigmentation est encore ici corrélative d'une accumulation de sucres et de glucosides, ainsi que d'une augmentation de l'oxygène fixé par les tissus. J'ai constaté d'autre part que, chez une même espèce végétale, il existe une relation entre la production de l'anthocyane dans les feuilles de tiges décortiquées et la coloration des fleurs : la décortication annulaire de tiges d'une variété à fleurs blanches ne provoque aucune formation de pigment dans les feuilles, tandis que la décortication de tiges de la variété à fleurs rouges de la même espèce détermine le rougissement des feuilles.

Mer, Hieronymus, Küstenmacker, Küster, Guttenberg, Mirande, ont étudié divers cas de formation d'anthocyanes à la suite de blessures déterminées par des insectes. Sorauer, Massalongo, Tubeuf, Lüdi, Rostrup, ont décrit de nombreux exemples de rougissement survenu au cours de l'attaque de tissus végétaux par des Champignons. J'ai montré que le rougissement des feuilles de *Rumex crispus* attaquées par l'*Ovularia obliqua* et des feuilles d'*Œnothera Lamarckiana* attaquées par le *Septoria Œnotheræ,* est accompagné d'une fixation d'oxygène dans les tissus, plus intense que chez les feuilles vertes normales.

Dans tous ces cas où l'anthocyane apparaît dans les organes lésés, la pigmentation semble encore en relation avec l'accumulation des composés organiques nutritifs résultant du trouble apporté par les lésions dans la migration des substances à travers les organes blessés, et parfois aussi de l'appel de matières déterminé par la présence d'un hôte, insecte ou champignon, dans les tissus intéressés.

Relations entre la formation des glucosides anthocyaniques et l'accumulation de substances nutritives. — Nous venons de voir que l'étude des actions exercées par la lumière, la température, l'état hygrométrique du milieu extérieur, les lésions d'organes, semblent surtout intervenir dans la production des glucosides anthocyaniques en déterminant l'accumulation de composés nutritifs et en particulier de substances hydrocarbonées dans les tissus. Un certain nombre de cas de formation d'anthocyanes survenue sous l'action d'autres causes que celles qui viennent d'être envisagées, ont également été attribués par les auteurs qui les ont étudiés au fait que ces actions déterminent l'accumulation de substances nutritives dans les régions où la pigmentation se produit.

Berthold, en enlevant, sur de jeunes *Acer pseudoplatanus*, tous les bourgeons à l'exception du bourgeon terminal, a constaté que ce dernier, en se développant, donnait naissance à des organes très fortement colorés en rouge. L'auteur attribue cette pigmentation à la grande quantité de matériaux nutritifs qui venaient s'accumuler dans les tissus résultant du développement de l'unique bourgeon. Gertz attribue à une action identique la coloration rouge des pousses qui se développent à la base de certains arbres *(Populus, Tilia, Acer)* ayant été abattus.

Louis Granier et Claude Brun ont signalé différents cas de formation d'anthocyanes survenue chez des individus n'ayant pas fleuri. Ces auteurs, ainsi que Jumelle et Jacob de Cordemoy, ont expliqué la production du pigment rouge chez ces plantes par l'accumulation, dans les tissus où la pigmentation est constatée, des sucres qui auraient dû être employés dans la formation des fleurs et des fruits si les plantes avaient fleuri et fructifié, et qui se sont trouvés inutilisés du fait de la non floraison de ces individus.

Dans le même ordre d'idées, Nicolas note la formation d'anthocyane à l'obscurité à la suite du non-développement de la radicule chez un *Galactites*.

H. Colin a montré que le rougissement des rameaux de *Salicornia fruticosa* se développant dans des marais salés, coïncidait avec l'accumulation de chlorures et de composés hydrocarbonés solubles dans le suc cellulaire des organes rougissant.

E. Rosé, étudiant la variation des sucres et des glucosides, au cours de la pigmentation des fleurs, chez le *Cobœa scandens,* a montré que la production de l'anthocyane est précédée de l'accumulation de sucres dans les tissus de la fleur. Ces sucres semblent être utilisés à l'élaboration de l'anthocyane car ils disparaissent en partie au moment où le pigment prend naissance. Rosé constate de plus que les glucosides n'existent pas dans les tissus avant le moment où la coloration a lieu, tandis que ces composés apparaissent, constitués en partie au moins par l'anthocyane qui se forme, lorsque la pigmentation commence.

Dans tous ces cas particuliers de pigmentation, on voit que la formation des glucosides anthocyaniques est corrélative d'une accumulation de substances hydrocarbonées dans les tissus qui se pigmentent.

Relations entre la formation des glucosides anthocyaniques et l'acidité du suc cellulaire. — Wiesner et Kraus ont constaté que le rougissement des feuilles en automne est accompagné d'une augmentation de l'acidité dans le suc cellulaire et ont émis l'hypothèse d'une relation plus ou moins étroite entre la formation des anthocyanes et la richesse des organes en acides.

La production des glucosides anthocyaniques n'est cependant pas toujours accompagnée d'une accumulation de composés acides dans les tissus. Rivière et Bailhache, en dosant comparativement les acides dans les tissus correspondant, chez un même fruit (poires, raisins), aux régions superficielles ayant rougi sous l'influence d'un éclairement intense, et aux régions vertes, ont en effet constaté que les tissus recouverts d'un épiderme coloré en rouge sont moins riches en acides que ceux qui sont recouverts d'un épiderme dépourvu d'anthocyane.

Formation de glucosides anthocyaniques déterminée en faisant absorber aux plantes ou parties de plantes des composés hydrocarbonés. — En 1899, au cours de ses recherches sur les Cuscutacées, Mirande mit en évidence les premiers faits relatif à cette question. En étudiant le développement de plusieurs espèces de *Cuscuta* sur des hôtes variés, il constata que, chez une même espèce de Cuscute, la quantité de pigment anthocyanique varie suivant l'hôte sur lequel elle se développe. C'est ainsi que les individus développés sur le *Sambucus nigra* sont verts tandis que ceux croissant sur le *Forsythia viridissima* sont rouges. Or, Mirande constata que les tissus du *Sambucus nigra* sont peu riches en sucres tandis que ceux du *Forsythia viridissima* en contiennent une proportion notable. Il fut ainsi amené à établir une relation entre la pigmentation et la quantité de sucres susceptible d'être absorbée par les plantes étudiées, et il montra que, dans la nature, la Cuscute produit d'autant plus d'anthocyane que la plante sur laquelle elle se développe est susceptible de lui fournir plus de sucres.

La même année, en faisant absorber à différents végétaux ou à des organes isolés, des sucres divers employés en solution, Overton montra également que certains sucres : glucose, saccharose, lévulose, déterminent la production de pigments anthocyaniques chez les plantes ou fragments de plantes soumis aux expériences. Il constata de plus que ces sucres interviennent par leur nature chimique, des solutions de même concentration osmotique préparées avec d'autres substances : galactose, glycérine, azotate de potassium, chlorure de sodium, sulfate de sodium, et employées dans les mêmes conditions, ne déterminant pas de pigmentation.

Cette production de glucosides anthocyaniques réalisée expérimentalement en faisant absorber aux organes des sucres divers, a été reproduite par Timpe, Katic, Molliard, Palladine, Czartkowski, Gertz, et étudiée dans tous ses détails.

Czartkowski a mis, d'autre part, en évidence un fait nouveau qui présente un intérêt notable au point de vue de la formation des glucosides anthocyaniques. Il a montré que lorsqu'on fait absorber à des tiges de *Tradescantia viridis* une solution renfermant en même temps que du glucose soit de la phloroglucine, soit de la phlorizine, la pigmentation est plus rapide que lorsqu'on emploie le glucose seul. Il faut rapprocher de ce résultat le fait que la phloroglucine est précisément un des produits que l'on obtient au cours de la décomposition des glucosides anthocyaniques. La phlorizine agit peut-être comme la phloroglucine, à cause de la phloroglucine qu'elle contient dans sa molécule.

L'ensemble des faits mis en évidence dans les recherches relatives à la formation des glucosides anthocyaniques déterminée en faisant absorber aux plantes ou parties de plantes des matières organiques diverses, vient donc confirmer l'opinion d'après laquelle la production de ces pigments est en relation avec l'accumulation dans les tissus de substances organiques nutritives.

Rôle de l'oxygène dans la formation des glucosides anthocyaniques. — Les premiers auteurs qui ont étudié la formation des anthocyanes dans les plantes ont fait intervenir les phénomènes d'oxydation dans l'explication de la pigmentation ; Schübler et Frank, Macaire Princeps, Guibourt, considéraient les pigments rouges comme des produits d'oxydation de la chlorophylle. Plus tard, la genèse de ces composés colorés fut attribuée à l'oxydation des tannins ou de chromogènes divers.

L'oxygène semble en effet jouer un rôle dans l'apparition des glucosides anthocyaniques. Mer et Emery ont constaté que des organes divers qui, lorsqu'ils se développent dans l'air, forment des anthocyanes, n'en produisent pas lorsqu'ils se trouvent immergés. Molliard a observé des faits analogues sur des Radis cultivés aseptiquement dans des liquides sucrés où les plantes étaient complètement immergées; il a remarqué, de plus, que tandis que les organes qui se trouvent à une assez grande distance de la surface du liquide sont dépourvus d'anthocyane, les parties qui se développent au voisinage de la surface forment au contraire du pigment rouge. Les conditions d'éclairement, de température, d'état hygrométrique étant les mêmes en tous les points du milieu nutritif, Molliard rapporte l'absence d'anthocyane, chez les organes situés dans les régions profondes, à la trop faible quantité d'oxygène existant à ces niveaux. Katic a montré de son côté que l'anthocyane ne se forme pas dans une atmosphère dépourvue d'oxygène ; de plus, la pigmentation est moins rapide dans l'air sous pression réduite que dans l'air normal. Enfin, dans certaines cultures, l'augmentation de la pression de l'oxygène a provoqué une pigmentation plus intense.

D'autre part, Mirande, Keeble, Armstrong et Jones ont montré que les oxydases se trouvent précisément localisées dans les cellules qui produisent des pigments anthocyaniques. Ces faits venaient à l'appui de l'opinion d'après laquelle il existe une relation entre les phénomènes d'oxydation et la pigmentation, et ces auteurs, ainsi que Buscalioni et Polacci, Palladine, Wheldale, Grafe, etc., furent ainsi amenés à admettre que les oxydases interviennent dans la production des glucosides. Toutefois, les recherches d'Atkins conduisent cet auteur à mettre en doute l'étroite relation supposée entre la pigmentation et la présence d'oxydases dans les tissus.

En étudiant comparativement les échanges gazeux de feuilles vertes normales de diverses plantes et de feuilles récoltées sur les mêmes individus mais dans lesquelles des glucosides anthocyaniques étaient en voie de formation ou de disparition, j'ai montré que l'apparition des anthocyanes est corrélative d'une accumulation d'oxygène dans les tissus, tandis que la disparition de ce pigment est au contraire accompagnée d'une perte notable d'oxygène.

L'ensemble de tous ces résultats montre donc bien qu'il semble exister une relation entre les phénomènes d'oxydation et la formation des glucosides anthocyaniques. Mais, cette relation est-elle directe ou indirecte ? L'absence de pigmentation lorsque les organes sont privés d'oxygène, la présence d'oxydases dans les tissus où se produit l'anthocyane, la fixation d'oxygène dans les organes où les pigments anthocyaniques sont en voie de formation, et la perte d'oxygène éprouvée par les organes où ces pigments disparaissent : tous ces faits permettent-ils d'affirmer que les glucosides anthocyaniques fixent de l'oxygène au cours de leur formation et en dégagent lorsqu'ils se détruisent ? Non ; ils permettent seulement de retenir que c'est *en même temps* et *dans les mêmes tissus* que se produisent, soit la pigmentation et la fixation d'oxygène, soit la décoloration et la perte d'oxygène, mais *non de conclure que dans chacun de ces cas les deux phénomènes se confondent dans une même réaction chimique*. Nous verrons plus loin que les récents travaux relatifs à la genèse des anthocyanes ne permettent pas d'envisager la production de ces glucosides comme un phénomène d'oxydation. Il semble bien exister une action des phénomènes d'oxydation sur la pigmentation anthocyanique, mais cette action doit être indirecte.

Rôle physiologique des glucosides anthocyaniques. — L'attention de la plupart des physiologistes qui ont abordé l'étude du rôle joué par les glucosides anthocyaniques dans l'organisme végétal n'a surtout été attirée que par les vives couleurs que présentent ces corps ; aussi la presque totalité des travaux qui ont été entrepris dans ce sens ne traitent-ils que des caractères physiques des anthocyanes dans leurs rapports avec la physiologie des plantes ; nous ne savons rien ou presque rien de la part que prennent ces composés en tant qu'espèces chimiques dans les transformations de matières dont les végétaux sont le siège.

Une grande partie des travaux relatifs à l'influence que peut exercer la présence de ces substances, par le fait de leur vive coloration, sur les fonctions des plantes, contiennent d'ailleurs de nombreuses considérations finalistes qui diminuent considérablement leur valeur scientifique. Les auteurs se sont souvent beaucoup plus occupés de rechercher dans quel but ces corps colorés sont produits par les plantes que d'établir quel est le résultat de leur apparition dans les tissus et comment ils interviennent dans les manifestations vitales des plantes qui les produisent.

Les glucosides anthocyaniques, à cause de leur coloration, ont donc surtout été envisagés comme les résultats de l'adaptation des plantes contre une trop forte insolation ; de nombreuses observations ont été relevées, et un certain nombre d'expériences ont été entreprises dans le but de rechercher la valeur de cette manière de voir.

Certains auteurs ont eu plus particulièrement en vue l'étude des anthocyanes agissant comme écran protecteur des chloroleucites contre les rayons lumineux (Hassack, Kny, Wiesner, Wehrli, Filarszky, Montemartini, Macchiati, Linsbauer, etc.). Toutefois les résultats des travaux de Reinke et d'Engelmann, qui montrent que les rayons lumineux absorbés par les anthocyanes sont ceux qui ont le plus faible effet destructeur sur la chlorophylle, ne sont pas favorables à cette interprétation. Pour Keeble, les pigments anthocyaniques joueraient un rôle protecteur de la chorophylle non seulement contre la lumière, mais aussi contre la chaleur des rayons solaires.

Ewart admet également le rôle protecteur des anthocyanes contre la lumière et la chaleur, mais il considère que c'est plutôt l'ensemble de la cellule assimilatrice et par conséquent le phénomène d'assimilation lui-même qui est protégé et non le pigment chlorophyllien seul. Stahl et Smith ont critiqué les manières de voir de Keeble et d'Ewart et ont montré que la présence des pigments rouges dans les organes a pour effet d'élever et non pas d'abaisser la température dss tissus.

Jumelle (1) a étudié comparativement l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne dans les feuilles d'arbres à feuilles rouges et dans celles des variétés à feuilles vertes. Les résultats de ces expériences, rapportés à l'unité de poids sec des feuilles, montrèrent que l'assimilation est moins active dans les organes rouges que dans les organes verts. Jönsson (2), exprimant ses résultats de la même manière, aboutit à une conclusion identique pour ce qui concerne les Mousses se colorant en rouge à la lumière ; l'assimilation et la respiration sont plus faibles que dans les Mousses restées vertes. Griffon (3) a repris la question étudiée par Jumelle. En rapportant ses résultats, non pas à l'unité de poids sec des organes, mais à l'unité de surface, il aboutit à des conclusions toutes différentes ; des feuilles rouges et des feuilles vertes, ayant la même teneur en chlorophylle, assimilent avec la même intensité. L'anthocyane paraît n'exercer, par les radiations qu'elle absorbe, aucune influence sensible sur l'intensité du verdissement et de l'assimilation chlorophyllienne. Griffon a montré de plus, par des expériences effectuées avec la substance rouge, et par l'examen du spectre d'absorption de l'anthocyane, qui est sensiblement complémentaire de celui de la chlorophylle, que l'anthocyane ne peut exercer dans les feuilles qu'une action nulle sur le verdissement, et assez faible sur la décomposition de l'anhydride carbonique.

Johow, Kerner, considèrent les anthocyanes comme ayant pour rôle de protéger le système conducteur des organes contre la lumière trop intense et de favoriser ainsi la migration des substances.

Pour plusieurs autres auteurs, les anthocyanes joueraient également un rôle protecteur contre la lumière, mais cette protection concernerait surtout les diastases ; l'écran anthocyanique favoriserait ainsi les phénomènes diastasiques et en particulier l'hydrolyse de l'amidon et la migration de cette substance. Pick a mis en évidence la différence qui existe dans la teneur en amidon du tissu chlorophyllien et du tissu non chlorophyllien chez des lobes foliaires recevant les uns la lumière solaire totale, les autres la lumière solaire ayant traversé un verre rouge ou une solution d'anthocyane; la migration de l'amidon serait plus rapide dans ces dernières conditions. De nombreux observateurs ont constaté d'autre part que les organes colorés par une anthocyane renferment moins d'amidon que les organes verts comparables.

---

(1) Jumelle. Sur l'assimilation chlorophyllienne des arbres à feuilles rouges (*C. R. Ac. Sc.*, T. CXI. pp. 380-382, 1890).

(2) Jönsson. Recherches sur la respiration et l'assimilation des Muscinées. (*C. R. Ac. Sc.*, T. CXIX, pp. 440-443, 1894).

(3) Ed. Griffon. L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes. (*Annales des Sciences naturelles*, 8e série, Botanique, T. X, pp. 1-123, 1899).

Wortmann, puis Ewart, ont critiqué les conclusions de Pick.

Koning et Heinsius ont montré que les rayons violets et ultra-violets qui possèdent, d'après Brown et Morris, l'effet destructeur le plus intense sur les diastases sont absorbés par les anthocyanes. Ils ont mis en évidence, d'autre part, le fait que les feuilles rouges renferment plus de composés diastasiques que les vertes. Ils concluent donc à une action protectrice exercée par les anthocyanes au profit des diastases contre la lumière trop intense.

Enfin un certain nombre de physiologistes considèrent les glucosides anthocyaniques comme susceptibles d'absorber certains rayons lumineux et de transformer l'énergie lumineuse ainsi fixée en énergie calorifique. La présence de pigments anthocyaniques dans les tissus végétaux aurait donc pour effet d'élever la température de ces tissus. C'est une manière de voir exactement opposée à celle de Keeble et d'Ewart qui considèrent au contraire les anthocyanes comme ayant pour rôle d'empêcher un trop grand échauffement des organes. Les observations et les expériences qui ont été faites sur ce sujet montrent toutes que la température des organes renfermant des anthocyanes est plus élevée que celle des organes comparables n'en contenant pas (Kny, Kerner, Stahl, Smith, Louguinine et Dupont [1]).

Stahl a émis l'hypothèse que l'un des rôles importants des anthocyanes est, en contribuant ainsi à élever la température des tissus, d'accélérer la transpiration des organes. Ewart a critiqué cette manière de voir et fait observer que la température élevée des tissus, ainsi qu'une forte transpiration, sont des désavantages pour les plantes.

Wehrli, Filarszky, admettent que les pigments anthocyaniques protègent les tissus contre un trop fort éclairement en transformant l'énergie lumineuse des rayons solaires en énergie calorifique. Pour Thomas, lorsque l'anthocyane apparaît sur la face inférieure des

---

(1) Louguinine et Dupont. Recherches sur la distribution de la température dans les plantes. (*Revue générale de Botanique*, T. XXIV, pp. 244-266, 1912).

feuilles, son rôle est d'augmenter la faculté d'absorption de la chaleur du sol par les tissus foliaires.

Enfin Tischler remarque que les variétés de plantes à feuilles rouges résistent mieux aux basses températures que celles à feuilles vertes. Cette particularité s'expliquerait par le fait que la présence de l'anthocyane a pour effet d'élever la température des tissus. Toutefois Lidforss (1) rapporte une observation qui est en contradiction avec cette manière de voir; une forme à feuilles rouges de *Veronica hederæfolia* périt de froid à la fin de mars, où des nuits froides alternaient avec des journées chaudes, tandis que la forme à feuilles vertes résista.

En s'en tenant aux faits qui ont été mis en évidence dans ces recherches relatives à l'étude du rôle physiologique joué par les glucosides anthocyaniques, considérés uniquement comme pigments susceptibles de modifier les rayons lumineux reçus par les organes, et en laissant de côté les nombreuses hypothèses déduites de ces faits, on voit que rien de définitif n'est encore établi dans cette question. Il existe sur ce sujet, qui nécessite de nouvelles recherches, un grand nombre de contradictions qui ne pourront être expliquées que lorsque l'on connaîtra mieux l'origine, le nature et les propriétés des corps qui entrent en jeu.

Quant à la part que peuvent prendre les glucosides anthocyaniques, en tant qu'espèces chimiques, dans les transformations de matières dont les végétaux sont le siège, et en dehors de leur action comme substances colorées susceptibles de modifier la lumière reçue par les plantes, peu de travaux ont été entrepris dans ce sens et peu de faits ont été mis en évidence. Il n'existe guère sur ce sujet que les recherches de Palladine. Ce physiologiste considère les anthocyanes comme jouant un rôle important dans le phénomène respiratoire. Pour Palladine, le processus fondamental primaire de la respiration serait la décomposition des aliments respiratoires (hydrates de carbone, graisses, etc.) par des diastases diverses. L'oxygène interviendrait ensuite d'une manière un peu compliquée sur les produits de cette décomposition. L'oxygène atmosphérique serait tout d'abord fixé par l'intermédiaire des oxydases sur des corps facilement oxydables auxquels Palladine donne le nom de

(1) Lidforss. Ueber den biologischen Effekt des Anthocyan. *(Botaniska Not.*, pp. 65-81, 1909).

chromogènes respiratoires; les produits résultant ainsi de l'oxydation de ces chromogènes respiratoires sont appelés par l'auteur des *pigments respiratoires;* or il considère les anthocyanes comme faisant partie de ce groupe de substances. Dans les conditions normales, les pigments respiratoires, à mesure qu'ils se constituent aux dépens des chromogènes, seraient réduits par des réductases qui les referaient passer à l'état de chromogènes respiratoires, et transporteraient l'oxygène ainsi repris sur les produits de décomposition des aliments respiratoires ; l'oxydation ainsi réalisée, lorsqu'elle est complète, aboutirait à la formation d'anhydride carbonique et d'eau. Les anthocyanes seraient donc des corps transitoires jouant un rôle dans l'oxydation des matériaux qui servent à la respiration. Dans certains cas, lorsque l'action des oxydases devient plus intense que celle des réductases, ces pigments respiratoires pourraient s'accumuler dans les cellules et coloreraient ainsi les tissus.

Palladine fut amené un peu plus tard à introduire dans sa théorie de la respiration la notion des *prochromogènes respiratoires.* Certaines plantes ne renfermeraient pas les chromogènes à l'état libre dans les tissus, ces composés existeraient sous la forme de combinaisons : les *prochromogènes.* Pendant la plus grande partie de la période végétative, les chromogènes ne prendraient naissance, aux dépens des prochromogènes, que peu à peu et par petites quantités à la fois, tout juste pour satisfaire aux processus d'oxydation. Les prochromogènes seraient de nature glucosidique, et la mise en liberté des chromogènes serait réglée par un enzyme décomposant ces glucosides.

Cette manière très intéressante de concevoir le phénomène respiratoire, et de comprendre le rôle que peuvent y jouer les glucosides anthocyaniques est toutefois très hypothétique, et se trouve basée sur un bien petit nombre de faits dont les relations avec la respiration et la pigmentation sont d'ailleurs très discutables. D'autre part, même si la théorie de Palladine relative à la respiration était reconnue exacte, on ne pourrait admettre que les anthocyanes fissent partie des pigments respiratoires. Les récentes recherches effectuées sur les glucosides anthocyaniques montrent en effet, comme nous le verrons plus loin, que s'il existe dans les plantes, à côté de ces glucosides, des corps incolores ou peu colorés de constitution voisine, et qui représentent les chromogènes de Palladine, les relations entre ces chromogènes et les anthocyanes sont exactement l'opposé de celles qui sont supposées par le physiologiste russe ; les anthocyanes dérivent de ces chromogènes par réduction et non par oxydation.

En résumé, la question du rôle physiologique joué par les glucosides anthocyaniques dans l'organisme végétal est encore actuellement à peu près entière, les faits bien observés relatifs à cette question étant très peu nombreux et les déductions qui en ont été tirées étant fort discutables.

Mécanisme intime de la formation des glucosides anthocyaniques dans les tissus des végétaux. — Nous avons vu plus haut quelle est l'action des principaux agents extérieurs et de quelques facteurs internes sur la formation des glucosides anthocyaniques. Depuis longtemps, de nombreux physiologistes ont essayé de déterminer de quelle manière ces diverses influences interviennent dans le chimisme cellulaire pour aboutir à la production de ces substances, et par conséquent d'établir quel est le processus intime de la genèse des glucosides anthocyaniques.

A la suite de résultats obtenus en traitant des extraits de plantes par des acides et des alcalis, Schübler et Franck, puis Guibourt, Macaire Princeps, furent amenés à considérer les pigments solubles rouges, violets et bleus des végétaux comme résultant de l'oxydation de la chlorophylle. Cette opinion fut critiquée par Gmelin. Un peu plus tard Marquart est conduit à admettre que les pigments rouges, violets et bleus dérivent de la chlorophylle, non par oxydation, mais par perte des éléments de l'eau. L'idée de l'origine chlorophyllienne des anthocyanes fut définitivement abandonnée à la suite des critiques faites par von Mohl, et des résultats de recherches publiés par Kützing, Chevreul et Morren.

Wigand, observant que les anthocyanes n'apparaissent que dans les tissus contenant des tannins et que, d'autre part, ces pigments donnent les réactions des tannins, émet l'hypothèse que les anthocyanes résultent de l'oxydation de chromogènes incolores de nature tannique se trouvant en solution dans la cellule. Cette opinion se retrouve ensuite plus ou moins modifiée dans les travaux d'un grand nombre d'auteurs qui se sont occupés de cette question. A. Gautier l'adopte à la suite de ses recherches sur les matières colorantes des vins. Schnetzler pense aussi que les tannins interviennent dans la formation des anthocyanes, mais il croit que c'est en réagissant sur la chlorophylle qu'ils donnent naissance aux pigments rouges. Maumené considère le pigment rouge des raisins comme résultant de l'oxydation et peut-être de l'hydratation d'un chromogène incolore. Gardiner, Pick, font dériver les anthocyanes des tannins. Lindt, Waage, émettent l'opinion d'une relation existant entre la formation des pigments rouges et la présence de la phloroglucine dans les plantes. Curtel, Overton, Ichimura, admettent l'origine tannique. Mirande considère les anthocyanes comme tirant leur origine de l'accumulation du glucose et de tannins en présence d'oxydases.

Laborde assimile le rougissement à une action diastasique qui donnerait naissance aux anthocyanes aux dépens d'un noyau chromogène de nature phénolique que possèderaient les tannins. Ses recherches ont eu surtout pour but d'essayer de produire artificiellement une anthocyane. La préparation artificielle d'un de ces pigments a semblé avec raison à cet auteur ainsi qu'à plusieurs autres l'un des moyens les plus fructueux d'éclairer le problème de la formation des anthocyanes dans les plantes. Laborde est parvenu par deux moyens différents à obtenir, en partant des tannins de la Vigne ou d'autres plantes, des substances rouges présentant certains caractères des anthocyanes : 1° en traitant les tissus par l'eau chlorhydrique à 2 °/₀ à 120° pendant 30 minutes ; 2° en exposant au soleil pendant quelques jours une solution aqueuse de tannin contenant de l'acide chlorhydrique et de l'aldéhyde formique. Pour Laborde, il y aurait dans les deux cas dédoublement des tannins pour aboutir à la formation de la matière colorante ; dans le dernier mode de production de la matière colorante rouge, l'aldéhyde formique interviendrait dans la réaction à la façon d'une diastase. La partie principale du problème, c'est-à-dire l'identification des matières colorantes ainsi obtenues avec les anthocyanes naturelles des plantes traitées, n'a pas été abordée par l'auteur. Quoiqu'il en soit, la première réaction ne pourrait aboutir qu'à un produit de décomposition d'un glucoside anthocyanique, les anthocyanes étant hydrolysées dans les conditions de cette réaction.

Dezani signale aussi la formation d'une matière colorante rouge lorsqu'on traite les raisins blancs par l'acide chlorhydrique.

Malvezin obtient également une matière colorante rouge en laissant simplement des grains de raisins non mûrs dans l'eau à la température de 85°. La production de substance rouge n'a pas lieu à l'abri de l'air ; l'auteur conclut à une simple oxydation d'un chromogène existant dans les raisins non mûrs, sous l'influence de l'air, de la chaleur et probablement aussi de la lumière. Dans la nature, ces mêmes influences seraient mises en œuvre par des diastases appropriées. Dezani et Malvezin n'ont pas non plus abordé l'identification des matières colorantes qu'ils ont obtenues avec les anthocyanes naturelles.

Palladine, comme nous l'avons vu plus haut, fait dériver les anthocyanes de chromogènes ou de prochromogènes glucosidiques préexistants. Pour ce physiologiste la production des pigments respiratoires, parmi lesquels il classe les anthocyanes, se résumerait de la manière suivante :

$$\text{prochromogène (glucoside)} + \text{eau} \longrightarrow \text{chromogène} + \text{sucre}$$
$$\text{chromogène} + \text{oxygène} \longrightarrow \text{pigment respiratoire.}$$

Dans le cas des anthocyanes, qui sont des glucosides, il faudrait admettre, pour concilier la théorie de Palladine avec les faits actuellement connus, que tous les prochromogènes renferment plusieurs molécules de sucres, et que l'hydrolyse qui libère le chromogène n'enlève qu'une partie des molécules sucrées, de telle sorte que le chromogène reste encore un glucoside, puisqu'il est maintenant démontré que tous les pigments anthocyaniques sont des glucosides.

M. Wheldale explique la formation des anthocyanes d'une manière semblable à celle proposée par Palladine, mais elle introduit une notion nouvelle, c'est que les glucosides initiaux aux dépens desquels se forment les pigments anthocyaniques doivent être des dérivés des corps constituant les groupes des flavones et des xanthones. La production des glucosides anthocyaniques se résumerait ainsi :

$$\text{glucoside flavonique ou xanthonique} + \text{eau} \leftrightarrows \text{chromogène (flavone ou xanthone)} + \text{sucre}$$
$$\text{chromogène} + \text{oxygène} \longrightarrow \text{anthocyane.}$$

La première réaction serait réversible ; elle serait réalisée par les diastases hydrolysantes des glucosides. La seconde réaction serait produite par une oxydase, et l'oxydation du chromogène pourrait être accompagnée d'une condensation de plusieurs molécules chromogènes. Dans ce cas encore, comme pour les prochromogènes de Palladine, les anthocyanes étant des glucosides, il faudrait admettre que tous les glucosides flavoniques ou xanthoniques aux dépens desquels les chromogènes prennent naissance contiennent plusieurs molécules de sucres et que l'hydrolyse qui libère les chromogènes n'enlève qu'une partie des molécules sucrées.

Cette manière de voir, comme celle de Palladine, renferme une part considérable d'hypothèse. Elle a été critiquée par Everest.

Les relations indiquées par M. Wheldale entre les anthocyanes et les composés flavoniques et xanthoniques ont amené Nierenstein et Wheldale à essayer de former une anthocyane en partant de ces composés. En oxydant la quercétine, ils ont obtenu une matière colorante rouge présentant certaines propriétés des pigments anthocyaniques. Nierenstein, en oxydant la chrysine, obtient également une substance colorée montrant quelques caractères des anthocyanes. Toutefois les corps obtenus dans ces conditions diffèrent des pigments rouges naturels.

Miège (1), constatant que, chez le *Fagopyrum esculentum*, les tannins sont localisés dans les mêmes cellules qui, au moment du rougissement, contiennent l'anthocyane, et ayant déterminé dans les tissus de cette plante l'existence d'une oxydase, admet que le pigment anthocyanique provient de l'oxydation des matières tanniques. Il pense qu'il existe une relation entre les tannins du *Fagopyrum* et la rutine.

Wissemann admet l'origine tannique des anthocyanes.

Chodat obtient des matières colorantes rouges en faisant agir la tyrosinase sur l'acide gallique; les substances colorées obtenues ressembleraient aux anthocyanes. Ces résultats conduisent l'auteur à admettre l'origine tannique des pigments anthocyaniques.

Keeble, Armstrong et Jones, constatant que, dans les tissus où se forment les anthocyanes, la localisation de ces pigments est la même que celle des oxydases ou des peroxydases et que celle de composés flavoniques qu'ils considèrent comme des chromogènes, se représentent la production des anthocyanes de la manière suivante :

---

(1) E. Miège. Recherches sur les principales espèces de *Fagopyrum* (Sarrasin) (*Thèse de Doctorat de l'Université de Paris*, 1910).

Prochromogène (? glucoside) + enzyme (? émulsine) → chromogène

Chromogène + oxydase (peroxydase + peroxide organique)
→ pigment anthocyanique.

Ils croient voir une preuve du fait que les anthocyanes tirent leur origine d'une réaction oxydante dans les expériences suivantes :

Lorsqu'on épuise, à l'aide de l'alcool, un organe pigmenté par une anthocyane, une fleur par exemple, le tissu se décolore et l'alcool reste lui-même incolore. Ils expliquent ce fait en admettant que l'alcool réduit l'anthocyane et la transforme en chromogène incolore. De plus, si l'on traite ce chromogène incolore par un oxydant, l'eau oxygénée, la coloration réapparaît ; c'est qu'alors le chromogène serait oxydé et transformé en anthocyane rouge. Les auteurs rapprochent ces faits des phénomènes qui se produisent pendant la pigmentation naturelle des tissus végétaux. L'interprétation qui est donnée de ces faits par Keeble, Armstrong et Jones, ainsi que les relations que ces auteurs veulent voir entre ces faits et la pigmentation naturelle, ont été critiquées par Tswett, Wheldale et Basset, qui ont montré que les déductions tirées par Keeble, Armstrong et Jones sont erronées. Dans la suite de leurs recherches, Keeble, Armstrong et Jones constatent que lorsqu'on chauffe des extraits alcooliques de diverses fleurs (Giroflée jaune par exemple) avec de l'acide chlorhydrique concentré et de la poudre de zinc il se produit une matière colorante rouge. Pour les auteurs, il y aurait dans ces extraits des glucosides flavoniques qui seraient hydrolysés par l'acide à chaud et le produit de dédoublement, d'abord réduit, puis oxydé, donnerait naissance au pigment rouge. Avec certaines fleurs de *Polyanthus* la réduction par la poudre de zinc n'est pas nécessaire, la matière colorante rouge apparaît après chauffage avec un acide, suivi d'une oxydation.

Keeble, Armstrong et Jones obtiennent encore des matières colorantes rouges en oxydant au moyen d'une oxydase un mélange d'arbutine et d'émulsine avec un acide aminé : glycine, alanine, leucine, etc. Les essais faits en remplaçant l'arbutine par d'autres glucosides ont permis d'obtenir des colorations jaune, orange, orange-rouge.

Keeble, Armstrong et Jones concluent de l'ensemble des résultats qu'ils ont obtenus à la classification des pigments solubles en quatre catégories :

1° Jaunes. Glucosides hydroxyflavoniques ou leurs dérivés.

2° Rouges (par exemple de la Giroflée). Produits de l'action d'une oxydase sur un dérivé de glucoside hydroxyflavonique.

3° Rouges et bruns. Substances produites par l'oxydation de phénols en présence d'acides aminés.

4° Pigments anthocyaniques rouge et magenta des fleurs, qui apparaissent comme le résultat de l'oxydation d'un phénol réalisée par un oxydant organique.

L'observation faite plus haut à propos des produits colorés obtenus par divers auteurs peut être répétée ici. Keeble, Armstrong et Jones n'ont pas abordé le problème le plus important au point de vue de la formation de l'anthocyane dans la nature : l'identification avec les pigments naturels des différents produits colorés qu'ils ont obtenus. S'il existe des relations entre ces produits et les glucosides anthocyaniques naturels, il ne peut y avoir identité, car ces derniers auraient été hydrolysés dans les conditions où les produits colorés ont été obtenus.

Pèche a fait connaître une nouvelle réaction microchimique des tannins, au cours de laquelle il y a formation de corps colorés voisins des anthocyanes. Les cellules contenant un tannin verdissent par les sels de fer lorsqu'on les traite par un mélange de solution de potasse et de formol, donnant un pigment bleu-verdâtre, qui passe au rouge par les acides. Ce pigment présente plusieurs des caractères des anthocyanes, mais en diffère par la solubilité.

Tswett, en opérant dans des conditions voisines de celles réalisées par Laborde : action de l'acide chlorhydrique en présence d'aldéhyde formique ou acétique, mais en employant l'alcool au lieu de l'eau comme véhicule, a aussi obtenu, en partant de divers tissus végétaux, des matières colorantes voisines des anthocyanes, mais en différant également par la solubilité.

Les différentes manières de voir relatives à la formation des glucosides anthocyaniques qui viennent d'être passées en revue présentent deux points communs : 1° Toutes supposent également que les pigments anthocyaniques résultent de la modification de substances préexistantes (chlorophylle pour les uns, pour les autres tannins, combinaisons de tannins et de sucre, ou encore chromogènes, prochromogènes hydrolysés, glucosides hydrolysés) ; 2° la nature de cette modification est une oxydation ou comprend une oxydation.

Envisageons d'abord la première proposition.

Au cours de recherches sur la variation des substances hydrocarbonées dans les tissus au moment de la formation des pigments anthocyaniques auxquelles il a déjà été fait allusion dans cet exposé, j'ai été amené à adopter une opinion différente de celle qui vient d'être indiquée et qui était admise jusqu'alors.

En dosant les glucosides dans des feuilles susceptibles de produire une anthocyane sous une influence déterminée, j'ai constaté dans les feuilles rouges l'existence d'une proportion de glucosides plus considérable que dans les feuilles vertes récoltées quelques jours avant la pigmentation. La formation des anthocyanes, composés de nature glucosidique, étant corrélative d'une augmentation des glucosides totaux, il devenait logique de supposer que ces anthocyanes ne se forment pas seulement aux dépens de glucosides préexistants, mais qu'elles se constituent au moins en partie de toutes pièces. Cette manière de voir différait donc de toutes celles qui avaient été proposées jusqu'alors, parce qu'elle considérait les pigments anthocyaniques comme des substances se constituant, au moins en partie, de toutes pièces au moment où les organes se colorent, et non plus comme des substances résultant seulement de la modification de composés existant dans les tissus avant la pigmentation.

Les recherches de Rosé, qui a suivi l'évolution des sucres et des glucosides au cours de la pigmentation des fleurs de *Cobœa scandens,* ont montré que dans ce cas la totalité de l'anthocyane se forme de toutes pièces : « puisque la formation de l'anthocyane, composé de nature glucosidique, est corrélative d'une apparition de glucosides dans la fleur (cet organe n'en contenant pas avant la pigmentation), on doit admettre que cette substance ne se forme pas aux dépens de glucosides préexistants, mais qu'elle se constitue de toutes pièces. »

Enfin les travaux de Guilliermond, qui a étudié la naissance des anthocyanes au point de vue cytologique, ont également confirmé cette manière de voir.

(A suivre.)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

FRANCIS EVRARD. — **Les faciès végétaux du Gâtinais français et leurs rapports avec ceux du Bassin de Paris dans la région de Fontainebleau.** *(Thèse*, Fac. Sc. Paris, 1915).

Des différents « pays » qui constituent la région parisienne, le Gâtinais français est peut-être celui dont la flore est la plus riche et la plus variée : il se présente par suite avec une grande complexité dans ses faciès végétaux. En le choisissant comme sujet d'étude phytogéographique d'ensemble, M. Evrard fut donc particulièrement bien inspiré.

Le Gâtinais français « s'étend de la Ferté-Alais, Melun et Fontainebleau à Nemours et Montargis en passant par Moret, c'est-à-dire qu'il comprend le Bas-Loing, la forêt de Fontainebleau et une zone occidentale qui va en se rétrécissant jusque vers Etampes et forme la bordure de la Beauce à la limite du Hurepoix ». Tous ces noms évoquent des herborisations classiques et, en effet, dès le milieu du XVII^e^ siècle, la région de Fontainebleau était fréquentée des botanistes : de Tournefort aux contemporains elle a été parcourue par tous les botanistes parisiens.

Après un exposé historique des progrès successivement réalisés dans la connaissance de la flore bellifontaine et un résumé des commentaires géographiques et physico-chimiques qui les illustraient (influence du sol), l'auteur nous fait parcourir la forêt suivant trois itinéraires bien choisis pour donner une idée d'ensemble de la végétation : Melun-Nemours, rû de Changis et Bois-Gauthier, confins du Gâtinais vers Moret. Dans chacun d'eux une analyse floristique très serrée met en évidence les nombreuses variations des groupements végétaux et la complexité de leur juxtaposition. Il convient de signaler en outre quelques faits géographiques intéressants pour la flore locale : présence de *Juncus anceps* et d'*Equisetum occidentale* à Arbonne, découverte de *Deschampsia discolor* à la mare aux Couleuvreux, de *Xeranthemum cylindraceum* à Larchant, confirmation de l'existence de certaines espèces signalées par d'anciens auteurs *(Erica scoparia, Lobelia urens)*, etc.

Le chapitre suivant est consacré à « l'étude des diverses stations de la forêt de Fontainebleau » : ce sont, du calcaire d'Etampes au calcaire de Brie, les hautes plaines et plattières, les monts et buttes, les rochers et gorges, les vallées et basses plaines. En dehors de la forêt sont étudiées les plaines reboisées et la vallée de la Seine.

I) HAUTES PLAINES ET PLATTIÈRES. — La futaie de Hêtre y domine, principalement dans les parties où le limon est épais ; le sous-bois est composé d'un petit nombre d'espèces *(Ruscus aculeatus, Melica uniflora, Euphorbia amygdaloïdes, Anemone nemorosa, Melampyrum pratense, Orobus tuberosus,* etc.). Lorsque le limon devient plus mince ou disparaît, les calcicoles se montrent plus nombreuses *(Fragaria collina, Orchis militaris* etc.). Plusieurs espèces sont localisées dans ces hautes futaies *(Epipactis microphylla, Orobus niger, Cephalanthera ensifolia).*

II) Monts et buttes. — C'est une des parties les plus caractéristiques de la forêt. La flore des monts a de nombreux traits communs avec celle des plattières, mais elle est plus variée ; le coteau de Bourron offre un exemple de cette flore « assez riche, mais banale de bois calcaire frais ». Les pentes des monts et des buttes sont colonisées par de nombreuses calcicoles, pour la plupart franchement xérophiles : *Seslera cærulea, Stipa pennata, Carex montana, C. ericetorum, Phalangium Liliago, Asperula tinctoria, Scorzonera austriaca, Inula hirta, Laserpitium asperum, Sorbus Aria, S. latifolia, Amelanchier vulgaris, Arenaria triflora, Ranunculus gramineus,* etc. Souvent, on observe de brusques contrastes dûs à la disparition locale du calcaire ; la présence dans cette zone de *Galium divaricatum, Calluna vulgaris, Helianthemum umbellatum, Corynephorus canescens* et autres calcifuges décidées s'explique par ces accidents édaphiques.

III) Chaines gréseuses. — Dans les parties non fissurées, l'imperméabilité des grès permet l'établissement de mares siliceuses plus ou moins étendues dont la flore très riche et très spéciale est essentiellement variable d'une année à l'autre, suivant les conditions météorologiques ; un certain nombre d'espèces parisiennes y sont localisées *(Ranunculus tripartitus, R. confusus, R. nodiflorus, Elatine major, Bulliarda Vaillantii, Sedum villosum, Galium constrictum, Callitriche hamulata, Airopsis agrostidea, Eragrostis pilosa, Ophioglossum polyphyllum).* Sur les pelouses avoisinant les mares quelques psammophiles constituent une association secondaire *(Ranunculus Chærophyllos, Spergula Morisonii, Sagina nodosa, Trifolium lævigatum, T. scabrum, T. striatum, T. subterraneum,* etc.). Dans les parties où la roche fissurée et désagrégée ne retient pas l'eau atmosphérique, on observe une flore très pauvre avec quelques éléments caractéristiques : *Nardurus Lachenalii, Galium divaricatum, Linaria Pelliceriana, Scabiosa suaveolens, Lychnis Viscaria, Asplenium lanceolatum,* ce dernier dans les fentes des rochers humides, etc.).

IV) Basses plaines. — Le caractère le plus frappant est la grande variété florale malgré l'aridité des stations : sables siliceux et pierrailles calcaires. Xérophile dans son ensemble, la végétation se répartit suivant la composition chimique du substratum en calcicoles et en calcifuges plus ou moins étroitement juxtaposées, du reste, suivant les variations locales. Une flore rudérale très variable en densité et en composition envahit tous les lieux passagers de cette zone.

V. Plaines reboisées. Régions de bordure. — Le Pin sylvestre est la principale essence de reboisement; c'est sous son couvert qu'apparaissent, lorsque l'humus devient assez abondant, des saprophytes comme *Goodyera repens, Pyrola umbellata, P. maculata, Lycopodium Selago.* Dans les régions de bordure, vers les confins Sud-Est et Nord de la forêt, le Chêne, le Hêtre, le Charme, constituent avec un grand nombre d'essences introduites des parties boisées fraîches à flore sylvatique banale (bois Gauthier, Parc, etc.). La plaine de Sermaise (alluvions anciennes) montre, à côté de quelques futaies de Hêtre, des bois siliceux arides *(Quercus* et *Pteris)* et des moissons argilo-sablonneuses *(Arnoseris pusilla, Setaria glauca, Myosurus minimus, Vicia lutea).*

VI) Vallée de la Seine. — Dans les parties alluvionnées dominent les grandes hygrophiles et dans les eaux une série d'espèces aquatiques qui pour la plupart se retrouvent dans toute la vallée de la Seine.

Après cette étude détaillée des stations, l'auteur, par des listes très copieuses, montre les différences et les affinités floristiques qui rattachent les régions voisines au Gâtinais français ou les distinguent de lui.

La vallée du Loing présente dans ses marais tourbeux et sur ses coteaux arides (environs de Nemours et de Moret) de nombreuses espèces centrales ou méridionales qui n'atteignent pas Fontainebleau *(Carduncellus mitissimus, Kœlera valesiaca, Nasturtium anceps, Cynoglossum pictum, Cyperus longus, Lycopodium inundatum,* etc.). Dans le Gâtinais orléanais qui apparaît comme le prolongement de la Sologne, il faut noter l'absence de beaucoup d'espèces occidentales bien caractéristiques de celle-ci *(Myrica Gale, Carum verticillatum, Pinguicula lusitanica, Briza minor, Marsilia quadrifoliata,* etc.).

En Puisaye, région argileuse, humide et froide, on trouve encore quelques espèces occidentales à leur limite vers l'Est; avec le Sénonais, les bois crayeux possèdent une partie des espèces champenoises tandis que la flore de Fontainebleau s'y raréfie.

Le Montois, qui constitue le rebord Sud de la Brie, est surtout remarquable par la présence de nombreuses espèces orientales: la florule des « noues » de la vieille Seine est particulièrement intéressante à ce point de vue *(Viola pumila, V. elatior, V. stagnina, Galium boreale, Potamogeton mucronatus, Allium fallax, Sium latifolium, Deschampsia media,* etc.). La Brie, avec ses vastes plateaux de culture a une flore assez monotone; les bois et les prairies y renferment des éléments occidentaux manquant à Fontainebleau et quelques espèces septentrionales qui s'avancent jusqu'à la Seine. Dans la forêt de Sénart, *Erica vagans, Damasonium stellatum, Lobelia urens,* atteignent leur limite orientale.

Le Hurepoix qui fait transition entre le Gâtinais français et le Mantois se caractérise surtout par un riche ensemble de plantes franchement occidentales dont la forêt de Rambouillet peut donner une idée.

La Haute-Beauce est constituée par une plate-forme de calcaire lacustre inclinée vers la Loire, très sèche et presque entièrement cultivée. La flore spontanée est localisée dans les vallées (tourbières à éléments nordiques nombreux) et sur leurs flancs (bois et pelouses calcaires à espèces méridionales et centrales). Dans les parties gréseuses et sablonneuses on retrouve beaucoup de plantes de Fontainebleau (*Helianthemum umbellatum, Sedum villosum, Scabiosa suaveolens, Ranunculus nodiflorus,* etc.). Les associations culturales se distinguent par le grand nombre des messicoles méridionales en voie d'extension vers le Nord (*Ervum monanthos, Bifora radians, Bupleurum protractum, Euphorbia falcata, Polypogon monspeliensis*, etc.).

Ainsi, suivant les termes mêmes de l'auteur « le Gâtinais français apparaît au point de vue floristique comme caractérisé par un ensemble de faciès qui se retrouvent séparément dans les régions voisines. » Ces faciès sont par ordre d'importance : 1) f. de mares tourbeuses ; 2) f. de coteaux siliceux ; 3) f. de coteaux calcaires au niveau du calcaire d'Etampes ; 4) f. de plaines sableuses ; 5) f. de coteaux calcaires en bordure des vallées ; 6) f. de tourbières de vallées et 7) f. divers mal représentés dans le Gâtinais français. Chacun d'eux correspond, comme nous l'avons vu, à une station bien définie et la discontinuité des stations entraîne celle des faciès : c'est « ce parallélisme des caractères » qui permet de saisir les altérations des stations d'après les variations des faciès. Ces altérations sont dues principalement à l'action de l'homme ; le déboisement, puis la reconstitution des massifs forestiers (ainsi que l'extension des cultures et l'assainissement des marais) ont modifié et modifient beaucoup l'équilibre floristique. Ainsi s'explique, pour la flore sylvatique, par exemple, la disparition de certaines espèces indiquées par les anciens botanistes (*Androsæmum officinale, Lathræa squamaria, Nephrodium Oreopteris, Equisetum sylvaticum*) que compense l'apparition de certaines saprophytes. Utilisant le langage des géologues, M. Evrard est donc en droit de parler à propos de ces variations dans le temps de « transgressions et de régressions des faciès » : c'est la conclusion générale qu'il tire de cette très intéressante et méthodique étude où l'on peut seulement regretter que la flore cryptogamique ait été presque entièrement négligée.

Une carte tirée en six couleurs montre la répartition des faciès végétaux en rapport avec les différents niveaux géologiques et synthétise avec une grande clarté les caractères géobotaniques du Gâtinais français et des régions limitrophes.

A. Pierre Allorge.

Nemours. — Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.

LES SEMENCES DES PLANTES ADVENTICES
LEUR IMPORTANCE
DANS LES ANALYSES DES SEMENCES

par M. Louis FRANÇOIS

Il y a plus d'un an, dans un mémoire confié aux Annales de la Science Agronomique (1), j'ai étudié avec détail les semences des plantes cultivées. Aujourd'hui, comme suite au mémoire précédent, j'ai entrepris, d'ailleurs sur un plan identique, l'étude des semences des plantes adventices, semences que l'on trouve si fréquemment, pour ne pas dire toujours, mélangées en quantités variables à celles du commerce.

Avant de faire paraître cet ouvrage, fruit d'un long, patient et fatigant labeur, j'ai voulu appeler l'attention de ceux que ces questions intéressent sur la signification de la présence de telles semences dans les échantillons qu'ils pourront avoir à examiner. Autrement dit, et quelque paradoxal que cela puisse sembler, j'ai voulu indiquer en quoi ces semences peuvent êtres utiles et combien il est souvent indispensable de les connaître.

I

Ce qu'on entend sous le nom d'impuretés.
Classement de ces corps.

Ce terme, envisagé dans sa plus grande acception, englobe tous les corps minéraux et organiques qui peuvent se trouver mélangés aux semences pures. Soit par exemple une analyse de Luzerne (*Medicago sativa* L.) effectuée sur cinq grammes de semences, telles qu'elles se présentent dans le commerce. Nous trouvons, je suppose, à côté d'une proportion de 90 °/₀ de semences pures, un taux de 10 °/₀ d'impuretés. Celles-ci comprennent : 1° des corps organiques : grains avariés de Luzerne, semences de Trèfle (*Trifolium pratense* L.), de Minette (*Medicago lupulina* L.), de Plantain (*Plantago lanceolata* L.), de Centaurée du Solstice (*Centaurea solstitialis* L.), de Renoncules d'espèces variées, etc. ; 2° viennent ensuite des corps minéraux, grains de sable, terre, etc., le tout accompagné de petits fragments végétaux divers.

---

(1) L. FRANÇOIS. Les semences des plantes cultivées et leur détermination, avec 120 fig. originales de l'auteur (*Ann. de la Science Agronomique*, janvier-juin 1915, janvier-juin 1916).

Il est bien évident que toutes ces impuretés n'ont pas une égale importance. Tout d'abord, il convient de mettre à part celles d'entre elles qui consistent en semences de bonnes espèces (semences dites de bonne nature) mélangées accidentellement à celles de Luzerne ; c'est ainsi que les graines de Trèfle, de Minette, doivent être séparées des autres semences appartenant à des plantes adventices indifférentes ou mêmes dangereuses (semences dites de mauvaise nature). L'analyse devra donc indiquer quatre groupes de résultats, quelle que soit la forme donnée au libellé de celle-ci :

1° Pourcentage des semences pures.

2° Pourcentage (si la quantité en est suffisante) des semences autres et de bonne nature (1).

3° Pourcentage (si la quantité en est suffisante) des semences des plantes adventices (1) avec mention spéciale pour celles des plantes dangereuses.

4° Pourcentage (s'il y a lieu) des matières minérales, fragments végétaux, grains avariés, etc.

Bien entendu, ces groupements sont susceptibles de subir des modifications ; en particulier, il peut devenir nécessaire de calculer le taux d'une semence de bonne nature et ne pas se borner à en donner seulement la proportion globale ; cette pratique s'applique également aux semences des plantes adventices. C'est même une règle à observer, si la quantité de telle ou telle d'entre elles paraît importante, et ceci devient absolument indispensable quand il s'agit de végétaux dangereux ; telles sont, par exemple, les diverses Cuscutes dans les Légumineuses, l'Ivraie dans les céréales, etc. Ces opérations permettent de se rendre compte (germination mise à part) de la valeur, en tant que pureté, d'un lot de semences et il peut arriver que celui-ci subisse ainsi une dépréciation considérable, ou même qu'il fasse l'objet de poursuites judiciaires, si les semences étrangères ont été manifestement ajoutées dans une intention frauduleuse.

---

(1) Les semences des 2ᵉ et 3ᵉ groupes constituent un ensemble qui est souvent désigné sous le terme de semences étrangères, c'est-à-dire n'appartenant pas à l'espèce constituant le lot à examiner.

II

Où l'on voit que les impuretés peuvent devenir utiles.

La conclusion logique des considérations précédentes est la suivante : un lot idéal de semences destinées au commerce devrait être complètement dépourvu de semences étrangères et d'impuretés minérales ; et ce doit être, ou plutôt ce devrait être, la règle absolue, en ce qui concerne les semences de plantes dangereuses, parasites ou autres ; c'est d'ailleurs ce qui arrive souvent pour la Cuscute. Mais, ce cas mis à part, de tels lots de semences ne se rencontrent pas dans le commerce et, quel que soit le soin apporté au nettoyage des semences brutes, il y a toujours une certaine proportion d'impuretés mélangées à la masse principale, proportion que le commerçant honnête doit, et il le peut, s'efforcer de réduire au minimum. Cependant, et quelque étonnement que l'on puisse en ressentir, la présence d'impuretés est *parfois* un fait heureux ; car certaines d'entre elles constituent un certificat d'authenticité d'une grande rigueur. Elles indiquent souvent, d'une manière certaine, la provenance d'un lot de semences, et ceci fréquemment a une importance considérable.

III

Où l'on peut juger de l'importance de certaines impuretés.

Je ne saurais mieux mettre en évidence l'importance très grande de certaines de ces impuretés, qu'en prenant quelques exemples parmi les plus typiques que j'aie rencontrés au cours de dix années d'observation :

PREMIER EXEMPLE. — Blé du Manitoba (1).

L'attention des agriculteurs a été attirée sur ce blé d'une manière toute particulière pendant l'année qui vient de s'écouler. On sait que ce blé a été préconisé et d'ailleurs employé en quantités relativement grandes pour les semailles de printemps de l'année 1916.

---

(1) Telle est la dénomination commerciale de Blé qui, en réalité, correspond non à un seul type, mais est constitué par un mélange de plusieurs variétés.

La forme du grain, l'aspect de sa cassure, donnent bien quelques indications, mais, d'une manière générale, ces caractères, tirés du grain lui-même, sont tout à fait insuffisants. Fort heureusement, grâce aux impuretés accompagnant ce blé, cette détermination devient des plus faciles. Voici d'ailleurs la liste des semences étrangères qu'on y rencontre : Moutarde des champs *(Sinapis arvensis* L.), Tabouret des champs *(Thlaspi arvense* L.), Neslie paniculée *(Neslia paniculata* Desv.), Vélar d'Orient *(Erysimum orientale* R. Br.), Nielle des blés *(Lychnis Githago* Lam.), Echinosperme Bardanette *(Echinospermum Lappula* Lehm.), Renouée liseron *(Polygonum Convolvulus* L.), Chénopode blanc *(Chenopodium album* L.), Sétaires diverses *(Setaria* Sp.). Il convient d'ajouter à cette liste les quelques grains d'Avoine et d'Orge, ainsi que les quelques graines de Lin qui accompagnent toujours les impuretés précédentes.

La réunion de toutes ces semences étrangères est absolument caractéristique de ces blés. Cependant trois d'entre elles sont tout particulièrement intéressantes : ce sont les fruits de l'*Echinospermum Lappula,* ceux du *Neslia paniculata* et les graines de l'*Erysimum orientale.*

Dans les nombreux échantillons qui me sont passés sous les yeux, la présence de ces semences est constante et entraîne celle de toutes les autres.

A ce propos, je signale un fait qui peut être intéressant au point de vue de la géographie botanique. Dans les flores de France les plus récentes, on donne parfois avec de grands détails la répartition géographique des espèces végétales, non seulement sur le sol de notre pays, mais aussi sur la surface de la terre entière ; or, aucun de ces excellents ouvrages ne signale la présence de l'*E. orientale* dans l'Amérique du Nord. Dans ces conditions et sans aucun doute, la plante y a été introduite par la culture depuis l'époque où les renseignements relatifs à son aire d'extension ont été rassemblés dans les flores françaises.

D'ailleurs l'*E. orientale* a été signalé en Amérique du Nord et en particulier au Canada dans la flore de MM. Nathaniel, Lord Britton et Addisson Brown (1) qui s'expriment à ce sujet de la manière sui-

---

(1) Nathaniel, Lord Britton Ph. D. and Hon. Addisson Brown. An illustrated

vante : « In waste places, *Michigan and Minnesota to the Northwest Territory,* and from the Atlantic coast from new Brunswick to Pensilvania. *Recentley become a badweed in the Northwest.* »

Les graines de la plante figurent d'ailleurs dans une collection préparée par le Département d'Agriculture du Canada et envoyée, il y a quelques années, à la Station d'Essais de Semences de Paris. Mêmes remarques et mêmes conclusions pour l'*Echinospermnm Lappula* Lehm., au sujet duquel les auteurs ci-dessus indiqués s'expriment comme il suit : « In waste places *Nova Scotia* to *British Columbia,* south to New-Jersey and Nebraska. *Naturalized from Europe. Nature also of Asia* (1). » On voit, par ce petit fait, que l'étude des impuretés peut conduire, de considérations tout à fait pratiques et utilitaires, à des vues d'un ordre beaucoup plus général. J'en donnerai d'autres preuves dans les exemples qui vont suivre.

DEUXIÈME EXEMPLE. — Orges et Avoines.

Il s'agit ici d'un cas un peu plus complexe.

Au cours de ces dernières années, et à plusieurs reprises, le service des fourrages de l'Intendance s'adressa à la Station d'Essais de Semences de Paris pour déterminer la provenance de divers lots d'avoine et d'orge. La question était alors importante, puisque, à cette époque, les achats des céréales en question ne devaient porter que sur des lots d'origine française (2). On nous envoya de diverses sources des échantillons nombreux, qui, ajoutés à ceux que nous possédions déjà (de provenance parfaitement authentique) constituèrent un nombre assez respectable de lots que je fus chargé d'étudier. Voici les conclusions auxquelles j'arrivai. Je les donne telles que je les formulai à cette époque.

ORGE. — Les diverses variétés d'orge, que j'ai eu à examiner provenaient respectivement : du midi de la France, d'Algérie, de Tunisie, de Serbie et d'Australie ; à ces échantillons était jointe une orge dite du Danube, sans autre précision. Les espèces ou les genres auxquels appartiennent les diverses semences se trouvant à

Flora of the Northern United States, Canada, and the British possessions, from the Newfounland to the parallel of the southern Boundary of Virginia, and from the Atlantic Ocean westward to the 102 D meridian. Vol. III (Appendix) 1898.

(1) Même ouvrage que précédemment, Vol. III, 1898.

(2) Algérie et Tunisie comprises.

l'état d'impuretés dans les lots que j'ai examinés sont les suivants :

1° Midi de la France.

Blé, Seigle, Vulpin des champs, Ivraie, *Phalaris brachystachys* Link, *Rapistrum rugosum* Berg et *Rapistrum orientale* D. C., Sainfoin, Mélilots, *Torilis nodosa* Gerlon, *Chrysanthemum coronarium* L.

2° Algérie et Tunisie.

Blés durs, Ray grass anglais *(Lolium perenne* L.), *Phalaris brachystachys* Link, *Rapistrum rugosum* Berg et *Rapistrum orientale* D. C., Melilots, *Krubera leptophylla* D. C., *Torilis nodosa* Gærtn., *Bifora* sp., Coriandre *(Coriandrum sativum* L.), *Chrysanthemum coronarium* L., Betterave.

3° Danube.

Seigle, Setaires diverses, *Rapistrum perenne* All., *Saponaria vaccaria* L., Chanvre, Liseron *(Convolvulus arvensis* L.), Renouée liseron *(Polygonum convolvulus* L.).

4° Serbie.

Seigle, *Saponaria vaccaria* L.

5° Australie.

Petits grains de Blé en grande quantité.

En examinant ces différents groupes d'impuretés, on remarque qu'il existe des semences pouvant servir à réunir certains groupes et à en exclure d'autres. Ainsi les *Rapistrum* permettent de séparer les orges d'Algérie, de Tunisie et du Midi de la France, de celles du Danube, de Serbie et d'Australie. D'autre part, les semences de *Krubera* permettent d'effectuer la séparation des orges algériennes et tunisiennes d'avec celles du Midi de la France. Enfin, d'après les quelques échantillons, malheureusement trop rares et trop petits d'orge de Smyrne que j'ai eus en ma possession, je suis à peu près persuadé que leurs impuretés les feraient classer à côté de celles de Tunisie, malgré que je n'y aie pas rencontré de semence de *Krubera* ; ce qui, probablement, n'est qu'un accident dû à la petitesse des échantillons.

La classification de toutes ces orges pourrait donc s'effectuer de la manière suivante :

Rapistrum rugosum. *Rapistrum orientale.* *Phalaris brachystachys.* *Chrysanthemum coronarium.*	Orges du pourtour de la Méditerranée.	*Krubera leptophylla* - Algérie Tunisie. — Smyrne.
		pas de *Krubera*. — Midi de la France.

Rapistrum perenne. Setaires. *Saponaria vaccaria.*	Orges du Danube.
Nombreux petits grains de Blé. —	Orges d'Australie.

Bien entendu, on ne peut s'attendre à trouver des résultats d'une précision absolue, par suite de l'étendue de l'aire occupée par nombre d'espèces adventices. Mais, tels qu'ils sont, leur précision est suffisante pour les besoins du commerce, car les groupements obtenus rassemblent des orges vivant sous des climats analogues, ayant par suite des exigences et des propriétés semblables.

Des recherches effectuées dans le même esprit sur des avoines (1) d'importation fournissent les résultats suivants :

Phalaris brachystachys. *Rapistrum orientale.* *Krubera leptophylla.* *Chrysanthemum coronarium.* *Buplevrum protractum.*	Algérie et Tunisie.

Ne présentant pas les impuretés précédentes.
- *Ambrosia artemisiæfolia.* — Avoines dites d'Amérique.
- non
  - *Rapistrum perenne.* — Danube.
  - non
    - *Neslia paniculata* et *Echinospermum Lappula* — Russie Libau. Courlande Reval. Kœnigsberg. Dantzig.
    - Non, mais beaucoup de Ray-grass. — La Plata

TROISIÈME EXEMPLE. — Luzerne du Turkestan.

La Luzerne du Turkestan n'est qu'une variété de la Luzerne ordinaire (*Medicago sativa* L.) adaptée au climat continental du centre de l'Asie. Examinée de très près, tant au point de vue du grain qu'à celui de l'appareil végétatif, elle ne diffère à peu près en rien de la Luzerne ordinaire ; à peine y a-t-il quelques vagues caractères dans les semences, mais tellement délicats, qu'il faut être rompu de longue date aux manipulations des semences pour les constater.

---

(1) Voir aussi la classification de MM. Denaiffe et Sirodot : l'Avoine.

Cette Luzerne est actuellement inférieure aux Luzernes françaises. Les expériences poursuivies à la station d'Essais de semences lui ont été nettement défavorables. Entre autres inconvénients, elle a celui de donner un fourrage notablement moins abondant que dans le cas des variétés indigènes, et dure d'ailleurs moins longtemps que celles-ci. Il y a donc un très grand intérêt à pouvoir distinguer les semences de Luzerne de Turkestan ; ici encore, ce sont les impuretés qui vont nous le permettre et plus spécialement l'une d'entre elles : les fruits de l'*Acroptilon Picris* D. C. L'*Acroptilon Picris* est une plante de la famille des Composées, occupant une aire géographique assez étendue, comprenant : une grande partie de l'Asie Mineure, les régions cis et transcaucasiennes ; puis une partie de la Perse austro-occidentale ainsi que le Nord et le Centre de cette région ; enfin le Turkestan et l'Afghanistan.

Les fruits de cette plante sont tout à fait caractéristiques et très faciles à reconnaître. Ils se présentent dans les lots de Luzerne sous l'aspect d'akènes d'un blanc nacré, un peu plus grands que les semences de Luzerne ; les faces sont légèrement aplaties et le contour non symétrique, un des bords étant plus bombé que l'autre. L'extrémité supérieure plus large que l'extrémité opposée porte une légère protubérance conique tandis qu'une dépression peu profonde se remarque à l'opposé.

Lorsqu'on a vu une fois ces semences, il est impossible de les confondre avec d'autres impuretés ; elles sont donc tout à fait caractéristiques.

QUATRIÈME EXEMPLE. — Luzernes et Trèfles dits « du Midi ».

Ce dernier exemple est des plus typiques, et les faits auxquels il se rapporte ont donné lieu, deux ans avant la guerre, à des discussions d'une très grande importance. Ayant été chargé tout spécialement de m'occuper de cette question au point de vue technique, j'ai fait paraître dans les dernières semaines qui ont précédé l'ouverture des hostilités, ici même (1), un mémoire où j'ai exposé le résultat de recherches très nombreuses effectuées sur des centaines d'échantillons commerciaux et suivies d'enquêtes dans nombre de départements. Le résultat de ces recherches a été de trouver une impureté qui à elle seule permet de séparer rigoureusement les semences dites du Nord de celles dites du Midi. Il s'agit en l'espèce d'une graine de Légumineuse, le *Coronilla scorpioides*. Naturellement d'autres impuretés accessoires : fruits d'*Helminthia echioides*, *Centaurea solstitialis*, akènes de *Rubus* et d'autres encore contribuent à augmenter la précision des résultats ; mais on ne saurait rien conclure de certain si le *Coronilla scorpioides* n'existe pas parmi les impuretés d'un lot de Trèfle ou de Luzerne.

---

(1) *Revue générale de Botanique*, T. XXV bis, 1914.

Un autre résultat s'est dégagé de cette étude, je veux parler de l'allure générale des stations limites de cette plante. Ainsi que j'ai été amené à l'indiquer, ces stations coïncident d'une manière très rigoureuse avec la frange des terrains secondaires encerclant le Massif Central, surtout en ce qui concerne la portion jurassique de cette frange. On voit encore ici qu'un travail, fait d'abord à un point de vue purement pratique, peut conduire à des résultats d'un ordre tout à fait différent.

⁂

En résumé, l'étude des semences des plantes adventices, mélangées accidentellement aux semences des plantes cultivées, est des plus importantes ; c'est pourquoi j'ai pensé qu'un travail d'ensemble, se rapportant aux principales d'entre elles (plusieurs centaines) serait très utile et, je l'espère, intéressant même au point de vue botanique. Ce travail est en cours.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Examinons maintenant la seconde proposition qui se trouve également dans la plupart des théories relatives à la genèse des anthocyanes : la nature des modifications de substances qui aboutit à la formation des pigments anthocyaniques est une oxydation ou comprend une oxydation.

A la suite de la partie de mes recherches à laquelle j'ai fait allusion plus haut, je fus amené à penser que l'étude des phénomènes qui accompagnent la pigmentation était peu susceptible, à elle seule, d'aboutir à la découverte du mécanisme de ce phénomène. J'entrepris donc d'aborder l'étude directe de la formation des pigments et non plus celle des phénomènes qui accompagnent cette formation.

Ou bien la formation des pigments anthocyaniques, dans les feuilles par exemple, résultait de la *modification d'un phénomène continu* qui avait lieu dans ces organes pendant toute leur existence, ou bien cette formation était un *phénomène nouveau* pour la feuille, et ne pouvant être comparé à aucun des phénomènes qui ont lieu dans cette partie de la plante lorsqu'elle vit normalement.

Si la pigmentation résultait de la modification d'un phénomène continu, il était permis de penser que, le phénomène modifié aboutissant à la formation de l'anthocyane, le phénomène non modifié devait aboutir à la production d'un autre composé présentant des relations plus ou moins étroites avec le pigment rouge. On devait donc trouver, dans les cellules des feuilles vertes qui renfermeraient de l'anthocyane si les conditions nécessaires à sa production étaient réalisées, une substance voisine de ce pigment. Au contraire, si la pigmentation était un phénomène nouveau pour l'organe, les cellules des feuilles vertes ne devaient pas renfermer de tels composés.

Les recherches microchimiques que j'entrepris sur les feuilles d'*Ampelopsis hederacea* me conduisirent à admettre que la première de ces deux hypothèses paraissait vraisemblable. Je constatai en effet que les cellules des feuilles vertes correspondant aux cellules qui renferment l'anthocyane dans les feuilles rouges contiennent une substance non colorée en rouge, mais présentant certaines propriétés voisines de celles de l'anthocyane.

J'entrepris alors des recherches chimiques en vue : 1° d'isoler des feuilles vertes de Vigne-vierge le composé voisin de l'anthocyane dont la présence m'avait été révélée par mon étude microchimique ; 2° d'isoler des feuilles rouges l'anthocyane qui s'y trouve ; 3° d'étudier les caractères de ces deux corps ; 4° de tenter de transformer en anthocyane le composé non coloré en rouge extrait des feuilles vertes.

Au cours de ces recherches, je parvins à isoler le composé voisin de l'anthocyane contenu dans les feuilles vertes ; ce corps se présenta à l'état cristallisé sous forme de rosettes d'aiguilles faiblement colorées en jaune brun.

En employant exactement la même méthode d'extraction avec les feuilles rouges, je pus aussi isoler l'anthocyane qui s'y trouve, également sous forme de rosettes d'aiguilles, différant des précédentes par leur coloration rouge-pourpre.

Enfin, au cours de l'étude des propriétés de ces deux corps, je réussis à transformer le composé jaune-brun extrait des feuilles vertes en un pigment rouge-pourpre qui fut identifié par son point de fusion et ses différentes propriétés avec le pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges. Cette transformation fut obtenue en traitant une solution alcoolique du composé jaune-brun, acidifiée par l'acide chlorhydrique, au moyen de l'hydrogène naissant fourni par l'amalgame de sodium. Le liquide se colore progressivement en rouge-violacé ; filtré et neutralisé lorsque la réaction est terminée, il donne par évaporation de l'alcool des rosettes d'aiguilles rouge-pourpre.

La production d'une anthocyane semblable à celle qui se forme dans la nature chez les feuilles rouges d'*Ampelopsis hederacea* était donc réalisée en partant d'un composé voisin se trouvant dans les feuilles vertes de la même plante.

Ultérieurement j'obtins la transformation contraire; en oxydant au moyen de l'eau oxygénée le pigment anthocyanique extrait des feuilles rouges, je formai le composé jaune-brun qui fut identifié avec le produit naturel isolé des feuilles vertes.

L'étude du composé jaune-brun et du pigment anthocyanique me conduisit à considérer ces substances comme appartenant au groupe des phéno-γ-pyrones. Il paraissait intéressant de soumettre quelques-uns de ces derniers corps, dont la constitution est parfaitement connue, à l'action réductrice qui m'avait amené à la production artificielle de l'anthocyane. Placés dans des conditions identiques à celles qui m'avaient permis de transformer le pigment jaune naturel de la Vigne-vierge en pigment anthocyanique, les corps sur lesquels j'opérai donnèrent naissance à des pigments rouges présentant les propriétés des anthocyanes. Les pigments jaunes que j'avais employés ayant été reproduits par synthèse, l'identification définitive avec les anthocyanes naturelles des pigments rouges qu'ils m'avaient fournis allait permettre de considérer comme effectuée la synthèse des pigments anthocyaniques à partir des éléments.

Je pus étendre dans la suite à d'autres végétaux les résultats obtenus dans l'étude de l'*Ampelopsis hederacea*. J'isolai des feuilles vertes de *Ligustrum vulgare*, des feuilles vertes de Vigne (Chasselas doré), des fleurs jaunes de *Narcissus incomparabilis*, des pigments jaunes cristallisés qui fournirent en solution alcoolique chlorhydrique, sous l'action de l'hydrogène naissant, des pigments rouges présentant les caractères des pigments anthocyaniques. J'ai extrait des feuilles rouges de Vigne (Petit Bouschet) un pigment anthocyanique qui a été transformé en pigment jaune par oxydation au moyen de l'eau oxygénée.

Il résultait de cet ensemble de recherches, en s'en tenant à ce qui avait été fait sur les feuilles d'*Ampelopsis hederacea*, que, pour la première fois, la production artificielle d'un glucoside anthocyanique semblable à celui qui se forme dans la nature chez les feuilles rouges, était réalisée en partant d'un composé jaune voisin se trouvant dans les feuilles vertes de la même plante, cette production étant accompagnée de l'identification du pigment rouge artificiel avec le pigment rouge naturel.

La transformation du pigment jaune en pigment rouge anthocyanique était obtenue par réduction du pigment jaune au moyen de l'hydrogène naissant. Ces résultats étaient donc en contradiction complète avec toutes les théories qui avaient été émises relativement à la production des pigments anthocyaniques dans les végétaux, la formation des anthocyanes n'apparaissant pas comme un phénomène d'oxydation, mais au contraire comme un phénomène de réduction. Aucune des diverses hypothèses proposées jusqu'alors par les différents auteurs qui s'étaient occupés de la question, et considérant la pigmentation anthocyanique comme un phénomène d'oxydation ou comprenant une oxydation, ne pouvait donc plus être admise.

Ces recherches montraient d'autre part la relation intime existant entre les pigments rouges et les pigments jaunes des végétaux et, par suite, la place qui devait être attribuée aux pigments anthocyaniques dans la nomenclature chimique. Les pigments jaunes étudiés appartenant au groupe des phéno-γ-pyrones, les pigments rouges anthocyaniques devaient donc être considérés comme constituant une série parallèle à celle des dérivés phéno-γ-pyroniques naturels.

L'étude physiologique des glucosides anthocyaniques ne devait plus être menée isolément mais devait porter aussi bien sur les pigments solubles jaunes des végétaux que sur les pigments solubles rouges, violets et bleus.

Au cours de leurs premiers travaux sur les pigments anthocyaniques, Willstätter et Everest n'admirent pas mon opinion quant à l'origine des anthocyanes et à leurs relations avec les dérivés phéno-γ-pyroniques. Pour ces auteurs, il y avait une grande différence entre les pigments jaunes naturels et les anthocyanes. Les pigments jaunes seraient de très faibles bases oxygénées et leur faculté de former des sels avec les acides ne serait qu'une propriété accessoire. Les sels anthocyaniques rappelleraient, bien plus que les dérivés phéno-γ-pyroniques ci-dessus, les combinaisons de l'isohématéine et de l'isobrésiléine. Willstätter et Everest rapprochaient la formule du produit d'hydrolyse de l'anthocyane de Bleuet, qu'ils venaient d'étudier : $C^{16}H^{12}O^{7}$, de celle de la brésiléine $C^{16}H^{12}O^{5}$ et de celle de l'hématéine $C^{16}H^{12}O^{6}$ et remarquaient que la première ne diffère des secondes que par de l'*oxygène en plus*.

Dans la suite, Everest revint sur cette opinion, et reproduisit les résultats que j'avais obtenus en réduisant au moyen de l'hydrogène naissant formé de façons diverses soit des dérivés phéno-γ-pyroniques connus, soit des extraits de fleurs. Il obtint également dans ces conditions des pigments anthocyaniques et adopta mes conclusions d'après lesquelles les glucosides anthocyaniques dériveraient des glucosides phéno-γ-pyroniques par réduction.

Willstätter n'admit pas tout d'abord que les produits colorés préparés en réduisant les pigments jaunes naturels phéno-γ-pyroniques fussent des anthocyanes ; il fit plusieurs objections à l'identité des pigments rouges obtenus ainsi artificiellement et des pigments anthocyaniques naturels.

Ultérieurement, Willstätter entreprit avec plusieurs de ses élèves des recherches complémentaires sur l'anthocyane du Bleuet et fit l'étude des anthocyanes de *Delphinium*, *Malva*, *Pelargonium*, *Rosa*, *Vaccinium*, *Vitis*. Il fut alors amené à modifier la première formule qu'il avait indiquée pour le pigment du Bleuet et à changer son opinion quant aux relations existant entre les pigments anthocyaniques et les pigments jaunes. Il parvint ainsi à constater que le produit d'hydrolyse de l'anthocyane de Bleuet (sa nouvelle formule étant $C^{15}H^{10}O^{6}$) ne diffère d'un dérivé phéno-γ-pyronique, la quercétine $C^{15}H^{10}O^{7}$, que par un atome d'*oxygène en moins*. Il rapprocha également la formule du produit d'hydrolyse de l'anthocyane de *Pelargonium* $C^{15}H^{10}O^{5}$ de celles de la lutéoline, du camphérol et de la fisétine, $C^{15}H^{10}O^{6}$; il rapprocha le produit d'hydrolyse de l'anthocyane de *Delphinium* $C^{15}H^{10}O^{7}$ de la myricétine $C^{15}H^{10}O^{8}$, et constata encore dans ces cas que les dérivés anthocyaniques naturels ne diffèrent des dérivés de pigments jaunes que par un atome d'*oxygène en moins*. Enfin Willstätter prépara, par réduction de la quercétine au moyen de l'hydrogène naissant, un pigment rouge qu'il identifia avec le produit d'hydrolyse du glucoside anthocyanique qu'il avait isolé du Bleuet.

A la suite de leurs études approfondies sur un grand nombre de glucosides anthocyaniques, Willstätter et ses élèves parvenaient donc à préciser la constitution de ces glucosides, et aboutissaient, quant à l'origine de ces substances, à l'opinion que j'avais émise antérieurement : les glucosides anthocyaniques dérivent des pigments jaunes phéno-γ-pyroniques par réduction.

Toutefois, si l'on adopte cette nouvelle manière de voir, comment expliquer les différents faits qui ont amené plusieurs auteurs et moi-même à admettre une relation entre la formation des glucosides anthocyaniques et les phénomènes d'oxydation qui se produisent dans les organes? En dehors de toute théorie, en ne tenant compte que des faits, il a été en effet constaté que la formation des glucosides anthocyaniques ne peut avoir lieu qu'en présence d'oxygène (Mer, Emery, Molliard, Katic), qu'elle se produit dans des tissus riches en ferments oxydants (Mirande, Keeble, Armstrong et Jones), qu'elle est accompagnée de la fixation dans les tissus d'une quantité d'oxygène plus grande que celle qui est fixée normalement (Combes). Tous ces faits montrent qu'au moment où les anthocyanes se forment les phénomènes d'oxydation sont plus actifs dans les tissus, il semble donc bien y avoir une *relation entre la pigmentation et les processus oxydants ;* mais, par contre, *aucun fait n'a montré que la formation des pigments anthocyaniques elle-même constitua un phénomène d'oxydation.* Admettre une relation entre la pigmentation anthocyanique et les processus oxydants était donc rationnel, mais c'était aller trop loin que de considérer que la pigmentation elle-même futune oxydation. Or, la manière de voir que j'ai fait connaître et qui a été confirmée ensuite par les travaux d'Everest, de Willstätter et de ses élèves, à savoir que les anthocyanes dérivent des pigments jaunes solubles des plantes par réduction, n'est pas en contradiction avec la première proposition ; elle montre par contre que la seconde est erronée.

Il peut donc y avoir une relation entre la pigmentation anthocyanique et les oxydations, mais si elle existe cette relation est indirecte. Hall, Armstrong, Keeble et Russell ont développé cette opinion et fait remarquer que chaque phénomène oxydant nécessite un phénomène réducteur. La répartition identique des oxydases et des anthocyanes par exemple ne prouve pas que ces pigments se forment par oxydation. En effet, lorsque des oxydases sont abondantes dans certains tissus, lorsque des oxydations se produisent d'une manière intense dans des cellules où l'on voit en même temps apparaître des glucosides anthocyaniques, il est possible que l'oxydation porte non sur les générateurs des anthocyanes mais sur des corps voisins, et qu'au contraire une partie de l'oxygène servant à oxyder ces corps provienne précisément des générateurs des anthocyanes qui se colorent alors ; l'oxydation de corps voisins créerait ainsi un milieu réducteur qui provoquerait l'apparition des glucosides anthocyaniques.

Cette dernière hypothèse paraît vraisemblable mais elle demande à être vérifiée par de nouvelles recherches.

Quoi qu'il en soit, la question de la formation des glucosides anthocyaniques a fait de sensibles progrès au cours de ces dernières années. Les différents faits mis en évidence dans mes recherches relatives à cette question, confirmés et complétés par les résultats obtenus au point de vue cytologique par Guilliermond, au point de vue biochimique par Rosé et au point de vue chimique par Everest, Willstätter et ses élèves, nous conduisent à l'explication suivante de la pigmentation anthocyanique que j'ai opposée aux diverses opinions émises jusqu'alors sur cette question :

La pigmentation (formation des pigments solubles jaunes, rouges, violets ou bleus) est un phénomène continu, qui aboutit dans certains cas à la formation du pigment sous sa forme jaune, dans d'autres à la formation du pigment sous sa forme rouge, violette ou bleue (anthocyane). La seconde forme (pigment anthocyanique) apparaît comme dérivant de la première (pigment jaune) par réduction.

Parfois, dès le début de la pigmentation, c'est la forme rouge qui prend naissance ; dans ce cas l'anthocyane est entièrement formée de toutes pièces.

Souvent, au début de la pigmentation, c'est le pigment jaune qui se forme. Dans ce cas, tantôt la pigmentation aboutit à la production de la forme jaune jusqu'à la fin de la vie des organes (si les organes sont des feuilles, ces dernières restent alors vertes jusqu'à leur mort) tantôt, à une certaine période du développement de l'organe, la pigmentation aboutit à la production de la forme rouge ; la formation de toutes pièces du pigment rouge est alors accompagnée de la transformation de la forme jaune préexistante en la forme rouge. Une partie de l'anthocyane est ainsi formée de toutes pièces, l'autre partie résultant de la transformation du pigment jaune en pigment rouge.

Phloroglucosides en général. — Un certain nombre de glucosides renferment de la phloroglucine dans leur molécule ; en particulier, les derniers dont il vient d'être question : glucosides jaunes phéno-γ-pyroniques et glucosides anthocyaniques, fournissent de la phloroglucine lorsqu'on les fond avec de la potasse. En 1890, W. Waage (1) publie sur le rôle de la phloroglucine chez les végétaux un important Mémoire relatant des faits qui se rapportent à la formation et au rôle physiologique des phloroglucosides en général.

Waage détermine la localisation de la phloroglucine dans les tissus en utilisant un certain nombre de réactions, mais surtout celle qui consiste à faire agir la vanilline en présence d'acide chlorhydrique ; au contact de la phloroglucine il se forme un précipité finement granuleux et rougeâtre.

Les graines ne contiennent le plus souvent de phloroglucine que dans les téguments. Si on fait germer comparativement des graines normales et des graines privées de leur tégument, on constate que la phloroglucine apparaît également dans les deux lots de jeunes plantules. Cette formation de la phloroglucine a même lieu à peu près en aussi grande abondance à l'obscurité qu'à la lumière.

La phloroglucine apparaît dans le suc cellulaire, on ne l'observe ni dans les grains de chlorophylle ni dans le protoplasma. Waage conclut de cet ensemble de faits que la phloroglucine n'est pas un produit direct de l'activité chlorophyllienne. Pour lui, ce phénol, $C^6H^3(OH)^3$, naît probablement des sucres et en particulier du glucose.

Waage pense que l'on peut expliquer la formation de la phloroglucine aux dépens des sucres de la manière suivante : Si l'on considère l'amidon comme résultant de la polymérisation du glucose accompagnée de perte d'eau, on peut admettre que dans les organes où les phénomènes vitaux sont intenses la déshydratation va plus loin, et que chaque molécule d'hexose perd $3H^2O$; c'est ainsi que la phloroglucine prendrait naissance :

$$C^6H^{12}O^6 = C^6H^3(OH)^3 + 3H^2O$$

---

(1) W. Waage. Ueber das Vorkommen und die Rolle des Phloroglucins in der Pflanze. (*Ber. deutsch. bot. Ges.*, T. VIII, p. 250, 1890).

A l'appui de cette hypothèse, Waage fait remarquer la coïncidence existant entre la localisation de la phloroglucine et la localisation de l'amidon dans les tissus végétaux. De plus, en maintenant des feuilles de plantes diverses à l'obscurité, leur base plongeant dans une solution de sucre, il a constaté que ces organes, après un séjour convenable dans ces conditions, donnent les réactions de la phloroglucine d'une façon beaucoup plus nette que des feuilles témoins n'absorbant pas de sucre.

La phloroglucine s'accumule dans les tissus au cours du développement ; l'auteur constate que ce phénol est souvent abondant dans les organes qui tombent, tels que les feuilles parvenues à la fin de leur période végétative, les enveloppes des fruits ou des graines. Il se base sur ces faits pour émettre l'opinion que la phloroglucine n'est qu'un produit accessoire dans les transformations chimiques dont les végétaux sont le siège.

Pour Waage, la phloroglucine doit, au point de vue physiologique, être rapprochée des tannins ; de plus, ce phénol constituerait une des sources des tannins. Le fait que tous les tissus végétaux qui contiennent de la phloroglucine renferment aussi des tannins vient à l'appui de cette hypothèse. D'autre part, on sait qu'un certain nombre de tannins renferment de la phloroglucine dans leur molécule. Enfin Schiff (1) a émis depuis longtemps l'opinion de relations existant entre la phloroglucine et les tannins basée sur les faits suivants. La phloroglucine, traitée à chaud par l'anhydride carbonique, se transforme en acide phloroglucine-carbonique. Ce dernier, traité par l'oxychlorure de phosphore, donne un anhydride, l'acide phloroglucine-tannique ou phlorotannin. Ce corps, séché et chauffé peu à peu jusqu'à 160° à 175° en présence de l'air, donne un composé, le rouge de phlorotannin, présentant les caractères des phlobaphènes. Si l'on tient compte du fait que beaucoup de phlobaphènes naturels donnent par fusion potassique de la phloroglucine, et qu'ils se forment par déshydratation des tannins, on constatera que l'opinion de Schiff et celle de Waage sur l'origine phloroglucique de certains tannins est très vraisemblable.

---

(1) Hugo Schiff. Ueber Isomere der Gerbsäure. (*Annalen der Chemie*, Bd. CCXLV, pp. 35-42, 1888).

Hugo Schiff. Zur Kenntnis der Phloroglucin-gerbsäure. (*Annalen der Chemie*, Bd. CCLII, pp. 87-93, 1889).

Gentiopicrine. — Bridel (1) a étudié les variations qui se produisent dans la teneur en sucres réducteurs (glucose et lévulose), en saccharose, en gentianose et en gentiopicrine, dans la racine de *Gentiana lutea,* au cours de la végétation.

Les sucres réducteurs et non réducteurs éprouvent des variations importantes au cours de l'année. Les sucres réducteurs deviennent très abondants dans la racine en mai et juin, c'est-à-dire au moment où les parties aériennes de la Gentiane commencent à se développer. Cette augmentation de la proportion des sucres réducteurs est accompagnée d'une diminution de celle des sucres non réducteurs (saccharose et gentianose). En juillet, la quantité des sucres réducteurs diminue et se maintient ensuite constante jusqu'au début de l'hiver. Cette diminution coïncide avec une augmentation de la quantité de sucres non réducteurs.

Quant à la gentiopicrine, elle existe en quantité notable pendant toute la végétation et ne subit que de très faibles variations au cours de la période végétative. La proportion de gentiopicrine dans la racine se maintient toujours aux environs de 2 °/o ; cependant il se produit une légère augmentation en juin et juillet.

Ces résultats conduisent l'auteur à penser que la gentiopicrine ne peut être considérée comme un principe de réserve au même titre que les hydrates de carbone (2).

Indican. — La répartition de l'indican dans les espèces végétales qui produisent ce composé a été étudiée par H. Molisch (3). Ce glucoside peut se former dans différents organes mais il existe surtout dans les feuilles, et en particulier dans les jeunes feuilles. A l'intérieur de ces organes il se localise dans le tissu chlorophyllien et dans l'épiderme supérieur. Les racines ne contiennent pas ou seulement très peu de glucoside, les fruits et les graines en sont dépourvus.

---

(1) Bridel. Variations dans la composition de la racine de Gentiane au cours de la végétation d'une année. (*Journ. de Pharm. et Chimie*, Sér. VII, T. III, pp. 294-305, 1911).

(1) M. Bridel. Variations dans la composition du Trèfle d'eau (plante entière) au cours de la végétation d'une année. (*Journ. de Pharm. et Chimie*, Sér. VII, T. VII, p. 535, 1913).

(2) H. Molisch. Das Vorkommen und der Nachweis des Indicans in der Pflanze nebst Beobachtungen über ein neues Chromogen. (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, Bd. CII, p. 269, 1893).

H. Molisch. Botan. Beobachtungen auf Java. I. Uber die sogen. Indigogärung und neue Indigopflanzen. (*Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien*, Bd. CVII, p. 773, 1898).

H. Molisch. Uber das Vorkommen von Indican im Chlorophyllkorn der Indicanpflanzen. (*Ber. d. deutsch. bot. Gesell.*, Bd. XVII, 1899).

Dans les tissus végétaux, l'indican est accompagné d'un ferment susceptible de dédoubler ce glucoside. Les recherches faites dans le but de déterminer si l'indican et son ferment hydrolysant sont localisés dans les mêmes cellules, et dans le cas de l'affirmative, dans les mêmes parties des mêmes cellules, n'ont pas donné de résultats décisifs. Les travaux de Molisch ont montré que dans les cellules chlorophylliennes ce sont surtout les grains de chlorophylle qui donnent les réactions de l'indican ; dès lors les grains de chlorophylle renferment-ils à la fois le glucoside et le ferment ou seulement l'un des deux corps ? Beijerinck (1) pense que l'indican se trouve dans le protoplasma et le ferment dans les grains de chlorophylle. Les résultats obtenus par Molisch (2) ne semblent pas confirmer cette manière de voir. La solution de la question nécessite donc de nouvelles recherches.

Molisch a fait remarquer la possibilité de relations entre la formation de l'indican et l'assimilation chlorophyllienne, quoique, pour cet auteur, ces relations semblent bien invraisemblables.

Walther (3) examine quel peut être le rôle physiologique de l'indican dans les plantes qui le produisent. D'après ce physiologiste, tout porte à croire que ce corps joue, dans le phénomène respiratoire, le rôle que Palladine attribue à certains glucosides dans sa théorie de la respiration à laquelle il a été fait allusion à propos des glucosides anthocyaniques. L'indican serait un prochromogène, l'indoxyle jouerait le rôle de chromogène, il serait oxydé par une peroxydase qui le transformerait en pigment respiratoire, l'indigo, ce dernier serait réduit par une réductase.

Saponines. — Peu de recherches ont été faites sur le rôle physiologique des saponines, glucosides qui sont cependant largement répartis dans le règne végétal. Weevers (1) étudiant l'évolution de l'ensemble des glucosides contenus dans les graines d'*Æsculus Hippocastanum* au cours de la germination, constate que la quantité de glucosides diminue dans ces graines pendant la germination, aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité. La diminution est toutefois plus rapide à l'obscurité. Il en conclut que les saponines constituent des matières de réserve.

---

(1) BEIJERINCK. Further researches on the formation of indigo from the Wood (*Isatis tinctoria*). (*Köninklijke Akad. von Wetens. te Amsterdam*, p. 101, 1900).

(2) H. MOLISCH. Mikrochemie der Pflanze, p. 221, 1913.

(3) O. WALTHER. Untersuchungen über Indigopflanzen. (*Journ. Bot.*, Soc. Imp. nat. Pétersbourg, T. III, pp. 199-220, 1908).

Marie Korsakoff (2) a étudié la répartition des glucosides saponiques dans les organes de deux plantes : le *Saponaria officinalis* et l'*Agrostemma Githago,* en vue de réunir des documents pouvant servir à déterminer le rôle physiologique des saponines chez les végétaux.

L'auteur dose la saporubrine dans les différents organes du *Saponaria officinalis* et l'agrostemma-saponine dans ceux de l'*Agrostemma Githago* en utilisant la méthode de dosage des saponines qu'elle a instituée.

Les pieds de Saponaire récoltés en juin renferment 6,6 °/o du poids sec de saporubrine dans la racine, 1,38 °/o dans la tige, 2,2 °/o dans la feuille et 1,56 °/o dans la graine. Dans l'*Agrostemma Githago,* il ne peut être mis en évidence des quantités sensibles de saponine ni dans les racines, ni dans les tiges, ni dans les feuilles ; par contre, les graines sont assez riches et renferment 3,1 °/o de leur poids sec de glucoside saponique.

L'accumulation des saponines dans les deux plantes étudiées est parallèle à l'accumulation des substances de réserve et se produit au maximum dans les organes différenciés en organes de réserve. Dans la Saponaire, plante vivace par sa racine, c'est précisément dans la racine que l'on trouve la plus grande proportion de saponine ; dans la Nielle, plante annuelle, ne pouvant se reproduire que par sa graine, c'est dans la graine que se produit l'accumulation de la saponine.

---

(1) Th. Weevers. Investigations of glucosides in connection with the internal mutations of plants. *(Köninklijke Akad. van Wetens. te Amsterdam,* pp. 295-303, 1902).

Th. Weevers. Die physiologische Bedeutung einiger Glykoside. *(Jahrb. f. wiss Bot.,* T. XXXIX, pp. 229-272, 1903).

(2) M. Korsakoff, Recherches sur les méthodes de dosage des saponines. *(C. R. Ac. Sc.,* T. CLV, p. 844, 1912).

M. Korsakoff. Recherches sur la variation des matières grasses, des sucres et de la saponine au cours de la maturation des graines de *Lychnis Githago. (C. R. Ac. Sc.,* T. CLV, pp. 1162-1164, 1912).

M. Korsakoff. Recherches biochimiques sur les saponines. *(Rev. gén. bot.,* T. XXVI, pp. 225-244, 1914).

Marie Korsakoff a ensuite étudié les variations de la saponine ainsi que celles des matières grasses et des sucres pendant la maturation des graines de Nielle : elle a suivi en même temps les variations des sucres et de la saponine dans les feuilles et dans les péricarpes. Les sucres émigrent des feuilles, où ils se forment, avec une telle rapidité que leur proportion reste insignifiante dans ces organes. Ils ne s'accumulent pas non plus dans les péricarpes, mais se réunissent dans les graines dès le début de leur formation. Quant à la saponine elle ne se trouve en quantité dosable ni dans les feuilles, ni dans le péricarpe, ni dans les graines jeunes. Au cours de la maturation, lorsque les graines ont presque atteint leur grosseur définitive mais ont encore conservé leur consistance molle et leur couleur blanche, la proportion des graisses et celle des sucres réducteurs et non réducteurs subissent une diminution très importante, tandis qu'au contraire la teneur en saponine augmente progressivement.

L'auteur se demande si les saponines se forment dans les feuilles ou dans les organes de réserve (racine, pour le *Saponaria officinalis*; graine, pour l'*Agrostemma Githago*); les résultats précédents conduisent Marie Korsakoff à adopter cette dernière opinion.

La saponine est-elle une substance de réserve ou un produit accessoire, non susceptible d'être utilisé ultérieurement par la plante qui le produit ? Les faits qui viennent d'être rapportés parlent en faveur de la première proposition. Toutefois, pour obtenir de nouvelles données sur cette question, l'auteur dose la saponine dans les graines avant et après leur germination.

Que la germination ait lieu à l'obscurité ou à la lumière, la réserve de saponine qui se trouve dans les graines ne diminue pas au cours du phénomène ; par conséquent ce glucoside n'est pas consommé par la plante pendant cette période.

Marie Korsakoff fait observer que ces derniers faits sont en contradiction avec l'opinion assez répandue d'après laquelle les glucosides seraient des substances nutritives de réserve ; la stabilité relative des glucosides saponiques expliquerait dans une certaine mesure le fait que ces glucosides ne sont pas utilisés au cours de la germination des graines.

Quoi qu'il en soit, il semble difficile de tirer des faits mis en lumière une conclusion définitive quant au rôle joué par les saponines, car, tandis que les résultats relatifs à la répartition des saponines dans les deux plantes étudiées, à l'évolution des sucres et de la saponine au cours de la maturation de la graine de Nielle, tendraient à faire considérer ces glucosides comme des substances de réserve, ceux qui concernent la germination des graines ne confirment pas cette manière de voir.

Schaer (1) fait remarquer la coïncidence de l'existence de glucosides cyanogénétiques et de saponines dans un grand nombre de plantes ; il rappelle que deux opinions ont été proposées pour expliquer le rôle de ces glucosides, les uns les considérant comme des matières de réserve, les autres comme des substances protectrices.

Molisch (2) estime que dans l'écorce et les téguments des fruits les saponines ont un rôle de protection, et que dans les graines et les racines elles servent de substances de réserve.

Méliatine. — Bridel (3) a isolé du *Menyanthes trifoliata* un glucoside auquel il a donné le nom de méliatine. Ce corps existe surtout dans les rhizomes ; les feuilles en contiennent également mais en moindre quantité. En appliquant la méthode biochimique de Bourquelot à l'étude de cette plante, récoltée à diverses époques de l'année, l'auteur a pu déterminer les variations qu'elle présente au cours de la végétation quant à sa teneur en sucres réducteurs, en sucres non réducteurs et en glucoside. C'est au mois de mai, au moment où les feuilles sont encore incomplètement développées, et où la plante utilise ses réserves pour opérer sa croissance, que la méliatine existe en plus grande quantité ; la proportion baisse ensuite progressivement et très faiblement jusqu'à l'automne. A cette époque, le *Menyanthes* renferme encore une proportion de méliatine dépassant les deux tiers de ce qu'il contenait en mai. Les sucres réducteurs éprouvent des variations à peu près semblables ; ils atteignent leur proportion maximum en mai, diminuent faiblement en juin et juillet et plus rapidement en août ; ils subissent ensuite une légère augmentation en septembre et octobre. Quant au saccharose, sa proportion présente un minimum en juin, et augmente progressivement jusqu'en octobre.

---

(1) E. Schaer. Ueber die Verbreitung des Cyanwasserstoffes und der Saponine in der Pflanzenwelt. *(Schweiz. Wschr. Chem. und Pharm.*, pp. 645-647, 1910).

E. Schaer. Die Verbreitung der Saponine in der Pflanzenwelt. *(Zeitsch. allgem. österr. Apothekervereines*, T. XLII, pp. 523-524, 1913).

(2) H. Molisch. Mikrochemie der Pflanze, p. 177.

(3) M. Bridel. Sur la « méliatine », glucoside nouveau retiré du Trèfle d'eau. *(Journ. de Pharm. et Chimie*, Sér. VII, T. IV, pp. 49-56, 97-104, 161-166, 1911).

M. Bridel. Variations dans la composition du Trèfle d'eau (plante entière), au cours de la végétation d'une année. *(Journ. de Pharm. et Chimie.* Sér. VII, T. VII, pp. 529-535, 1913).

La méliatine du *Menyanthes*, de même que la gentiopicrine du *Gentiana lutea*, subissant peu de variations pendant la végétation, Bridel est amené à conclure : « on ne peut donc pas les considérer comme des principes de réserve au même titre que les hydrates de carbone, et l'on ne voit guère, par ces deux exemples, quelle peut bien être leur utilité pour la plante qui les élabore. »

Oleuropéine. — Bourquelot et Vintilesco (1) ont isolé des feuilles, des branches et des fruits de l'*Olea europæa*, un glucoside auquel ils ont donné le nom d'oleuropéine. Ils ont déterminé les variations que subissent les sucres réducteurs, le saccharose et l'oleuropéine dans l'olive au cours de la maturation en effectuant des dosages sur ces fruits récoltés à diverses époques de la végétation.

Quand l'olive est à peine formée, les sucres réducteurs sont assez abondants, ils diminuent de bonne heure, puis se maintiennent en proportion constante jusqu'à la maturation. La diminution des sucres réducteurs, au début de la formation du fruit est accompagnée d'une augmentation de la proportion de saccharose ; ce dernier sucre disparaît ensuite et réapparaît à la fin de la maturation. Quant à l'oleuropéine, très abondante dans l'olive à peine formée, elle diminue progressivement et régulièrement jusqu'au moment où le fruit est mûr.

En dosant les mêmes corps dans les fruits frais et les fruits desséchés, les auteurs ont constaté qu'au cours de la dessiccation des olives, l'oleuropéine diminue, de même d'ailleurs que les sucres réducteurs et le saccharose ; tous ces corps finissent par disparaître complètement.

---

(1) Bourquelot et Vintilesco. Sur les variations des proportions d'oleuropéine dans l'olive depuis son apparition jusqu'à sa maturité. (*Journ. de Pharm. et Chimie*, Sér. VII, T. I, pp. 292-296, 1910).

Les résultats obtenus dans ces recherches conduisent les auteurs à conclure que, chez l'*Olea europæa,* « le glucoside n'apparaît nullement ainsi comme un déchet de la plante. »

Glucoside des *Veronica*. — Vintilesco (1) a mis en évidence, dans le *Veronica officinalis* et le *Veronica Chamædrys,* l'existence d'un glucoside dont il a étudié les variations en même temps que celles des sucres réducteurs et du saccharose. Les sucres réducteurs et le glucoside sont beaucoup plus abondants dans les plantes récoltées au moment où elles sont en pleine floraison qu'à la fin de la végétation, c'est-à-dire au début de l'hiver. Il en est de même pour le saccharose chez le *Veronica officinalis ;* chez le *Veronica Chamædrys* le saccharose est au contraire plus abondant au début de l'hiver qu'au moment de la floraison.

Les dosages effectués sur le *Veronica officinalis* aussitôt qu'il vient d'être récolté et sur la plante desséchée ont montré que pendant la dessiccation il y a diminution des trois sortes de composés : sucres réducteurs, saccharose et glucoside.

De l'ensemble de ses recherches sur les sucres et les glucosides chez l'*Olea europæa,* les *Syringa,* les *Ligustrum* et les *Veronica,* Vintilesco conclut que « l'existence de glucosides en plus fortes proportions pendant la période la plus active de la vie des plantes et la diminution de ces proportions au cours de la végétation ne permettent pas de considérer ces principes comme des déchets (2) ».

Taxicatine. — Dans ses recherches sur les Taxinées, C. Lefebvre (3) a isolé des ramilles de *Taxus baccata* un glucoside auquel il a donné le nom de taxicatine. Il a suivi les variations de ce glucoside, ainsi que celles des sucres réducteurs et du saccharose, dans les rameaux du *Taxus* au cours de la végétation.

L'auteur fait remarquer que les résultats des dosages du saccharose et de la taxicatine qu'il indique sont un peu trop élevés par suite de la présence du raffinose dans les organes étudiés. Cette réserve étant faite, les résultats obtenus par Lefebvre peuvent se résumer de la manière suivante :

---

(1) Vintilesco. Sur l'existence de principes glucosidiques et sur les variations de leurs proportions, dans deux espèces du genre *Veronica* L. (Scrofularinées). *(Journ. de Pharm. et Chimie,* Sér. VII, T. I, pp. 162-165, 1910).

(2) J. Vintilesco. Recherches biochimiques sur quelques sucres et glucosides. *(Thèse de Doctorat ès-sciences naturelles,* p. 60. Levé, 17, rue Cassette, Paris, 1910).

(3) Charles Lefebvre. Application des procédés biochimiques à la recherche et au dosage des sucres et des glucosides dans les plantes de la tribu des Taxinées. — Étude de la taxicatine. *(Thèse de Doctorat de l'Université de Paris,* 1907).

De juin à octobre, les sucres réducteurs diminuent dans les ramilles du *Taxus baccata,* tandis que le saccharose et le glucoside augmentent. D'octobre à novembre, sucres réducteurs, saccharose et glucoside diminuent. De novembre à janvier, sucres réducteurs, saccharose et glucoside augmentent rapidement. De janvier à avril, les trois sortes de substances diminuent rapidement. D'avril à juin, les sucres réducteurs augmentent, tandis que le saccharose et le glucoside diminuent.

Par conséquent, à la fin de l'hiver et au moment de la reprise de la végétation (janvier à juin), se produit une diminution des sucres non réducteurs et de la taxicatine, accompagnée pendant cette dernière période d'une accumulation de sucres réducteurs. Les sucres non réducteurs et le glucoside augmentent pendant l'été (juin à octobre). Enfin, pendant l'automne et le début de l'hiver (octobre à janvier), il y a d'abord diminution, puis accumulation de l'ensemble des sucres réducteurs, non réducteurs et des glucosides.

Lefebvre conclut de ses recherches que la taxicatine mise en réserve pendant la belle saison et diminuant rapidement au moment de la reprise de la végétation, se comporte comme une matière de réserve ; elle subit d'ailleurs les mêmes variations que le saccharose. « Ces résultats, dit-il, semblent confirmer cette manière de voir, que les glucosides sont plutôt des matières de réserve que des déchets, leurs produits de dédoublement servant, soit directement, soit par l'intermédiaire d'autres combinaisons, d'aliment à la plante ».

Glucoside du *Fagus silvatica*. — P. Tailleur (1) met en évidence en 1902, dans des jeunes plants de *Fagus silvatica,* l'existence d'un corps qui semble être un glucoside, et qui, dédoublé par une diastase qui l'accompagne dans les tissus, dégage de l'éther méthylsalicylique. Ce glucoside n'existe pas dans la graine, il se forme au début de la germination et disparaît ensuite dès la première année.

---

(1) P. Tailleur. Sur un glucoside caractérisant la période germinative du Hêtre. *(C. R. Ac. Sc.,* T. CXXXII, pp. 1235-1237, 1902).

Ce composé serait donc particulier à la période germinative du Hêtre.

Weevers (1) montre ensuite que le glucoside méthylsalicylique découvert par Tailleur se trouve non seulement dans les germinations de Hêtre, mais encore, à certains moments et en des endroits limités, dans la plante adulte. C'est ainsi que les bourgeons en contiennent immédiatement avant de s'ouvrir. Pendant l'épanouissement des bourgeons, le glucoside méthylsalicylique se trouve encore dans les jeunes feuilles, mais on peut également le mettre en évidence à ce moment dans les rameaux de l'année précédente ; les jeunes et longs rameaux sont les plus riches : 0, 02 °/₀. Aussitôt que les feuilles sont complètement étalées, le glucoside commence à diminuer, il disparaît entièrement en une semaine.

Sinigrine. — La sinigrine ou myronate de potassium et les glucosides voisins, sont accompagnés, dans les tissus des plantes qui les produisent, d'un ferment, la myrosine, capable d'en opérer l'hydrolyse.

Smith (2) a suivi les variations du glucoside au cours de la germination des graines de Radis. Dans cette plante, le glucoside contenu dans les graines disparaît en totalité pendant la germination, puis il se reforme dans la suite du développement de la jeune plante.

Spatzier (3) constate une diminution de la sinigrine pendant la germination des graines de *Brassica*, mais ici le glucoside est loin de disparaître en totalité, une partie seulement est hydrolysée.

Solanine. — Ce glucoside azoté a été l'objet d'un certain nombre de recherches dont quelques-unes ont donné des résultats intéressants au point de vue du rôle que joue ce composé dans les plantes qui le produisent.

Dans son étude sur la végétation à l'obscurité, Boussingault (4), traitant de la formation de l'asparagine, indique dans une note que « dans les germes de Pomme de terre, la solanine paraît remplacer l'asparagine ».

---

(1) Th. Weevers. Investigations of glucosides in connection with the internal mutations of plants. *(Koninklijke Akad. van Wetens. te Amsterdam,* pp. 295-303, 1902).

(2) W. J. Smith. *(Zeitsch. physiol. Chem.,* T. XII, p. 419, 1888).

(3) W. Spatzier. Ueber das Auftreten und die physiologische Bedeutung des Myrosins in der Pflanze. *(Jahrb. f. wiss. Bot.,* T. XXV, p. 39, 1893).

(4) Boussingault. De la végétation dans l'obscurité. *(Annales des Sciences naturelles,* Sér. V, T. I, p. 323, note 2, 1864).

Dehérain (1) considère ce glucoside comme une forme de transport des substances albuminoïdes.

Zwenger et Kindt (2) constatent que les pousses de *Solanum tuberosum* sont plus riches en solanine quand elles sont encore courtes que dans la suite de leur développement.

Berchtold confirme ce résultat et trouve que la diminution progressive du glucoside va jusqu'à la disparition complète.

Ebermayer pense que le verdissement augmente la proportion de la solanine de la Pomme de terre, tandis que Berchtold est de l'avis contraire.

---

(1) Dehérain. Nutrition de la plante. *(Encyclopédie Frémy,* 1885).

(2) Zwenger et Kindt. *(Ann. Chem.,* T. CIX, p. 244, 1859 ; T. CXVIII, p. 129, 1861 ; T. CXXIII, p. 341, 1865).

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

J.-Paul Nayrac. — **Recherches anatomiques sur les Antirrhinées** (*Thèse* Doctorat ès-Sciences naturelles, Paris 1916).

Les recherches ont porté sur trente-deux espèces appartenant aux genres *Antirrhinum, Anarrhinum* et *Linaria.* L'auteur a étudié l'anatomie des diverses pièces florales et celle des organes végétatifs. Les résultats les plus intéressants portent sur l'anatomie de la fleur. La partie supérieure du pédoncule, chez les plantes étudiées, présente dix faisceaux libéro-ligneux ce qui correspond aux cinq sépales. Sur ces dix faisceaux cinq donnent les faisceaux sépalaires médians, les cinq autres, en se dédoublant, donnent les faisceaux sépalaires marginaux. Les faisceaux qui vont alimenter les diverses pièces florales se détachent tous des faisceaux calicinaux; les verticilles floraux sont si peu distants les uns des autres que tout se passe presque comme si l'on avait un verticille unique. Toutefois, dans quelques cas, des coupes longitudinales ont permis de reconnaître qu'il y a des verticilles distincts mais si rapprochés qu'en pratiquant une série de coupes transversales, il est impossible de suivre leur succession. A signaler encore d'intéressantes observations morphologiques et anatomiques sur les fleurs aberrantes et péloriques de *Linaria spuria* Mill. et une série de dessins représentant très exactement quelques types des curieux poils composés qu'on observe sur les diverses parties de la plante chez les Antirrhinées.
Jean Friedel.

Yasurato Yendo. — **Injection experiments on plants.** (Expériences d'injection sur les plantes). *(Journal of the College of Science, imperial University, Tokyo,* Vol. XXXVIII, article 6).

L'auteur a opéré sur des solutions de nitrate de lithium, de sulfate de cuivre, d'éosine, de violet d'aniline. La proportion de substance transmise varie suivant la nature chimique de la substance. Parmi les corps étudiés, le sulfate de cuivre est celui qui circule le plus facilement, l'éosine vient ensuite, le violet d'aniline en dernier lieu.

Les substances injectées vont surtout là où la transpiration est la plus active, ainsi le lithium injecté dans une tige passe en plus grande quantité dans les feuilles que dans les inflorescences. Chez quelques plantes aquatiques, comme le *Myriophyllum*, le lithium injecté passe abondamment dans les parties aériennes, presque pas dans les parties submergées. Le lithium injecté en hiver dans le tronc d'arbres à feuilles caduques circule beaucoup moins bien que chez les arbres couverts de feuilles. La circulation se fait par tous les tissus mais beaucoup mieux par le bois et le liber. La transmission ascendante est plus marquée que la transmission descendante ; la transmission transversale est très faible. On peut au moyen d'injections obtenir le tracé des faisceaux de bois et de liber. On a observé la transmission du lithium injecté chez quelques Champignons. Chez les Algues, les résultats ont été négatifs. Jean FRIEDEL.

G. B. DE TONI. — **Nuove osservazioni di teratologia fiorale nella *Digitalis purpurea*** L. (*Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, lettere ed arti*, T. LXXVI, Venezia, 1917).

Ayant rencontré parmi les Digitales pourpres cultivées au Jardin botanique royal de Modène un individu à fleur terminale monstrueuse (8 sépales, corolle campanulée à 8 lobes, 8 étamines égales, ovaire quadriloculaire, à stigmate subtrilobé), l'auteur en a étudié la descendance. Tous les individus — qu'ils fussent issus des graines de la fleur terminale ou de celles des fleurs latérales — présentaient des inflorescences à fleur terminale monstrueuse, mais d'un type beaucoup plus compliqué que chez le porte-graine ; en outre, de nombreuses fleurs étaient blanches ou panachées. Après avoir discuté la valeur de ces variations, l'auteur présente quelques conclusions tirées de l'examen biométrique de 57 individus et dont voici les principales : les fleurs monstrueuses peuvent être latérales (contrairement à l'opinion de de Vries) ; les sépales ont tendance à produire des proliférations pétaloïdes ; la corolle, variable dans ses dimensions, a des lobes plus ou moins nombreux ; les étamines dont la fréquence maxima est 13, sont généralement égales, mais peuvent porter 3 ou 4 anthères ; enfin, les carpelles sont souvent multipliés. A. Pierre ALLORGE

PRINCE BONAPARTE. — **Notes ptéridologiques,** fasc. IV, Paris, 1917.

Ce fascicule renferme la liste de nombreuses espèces récoltées dans les cinq parties du monde et presque toutes déterminées par l'auteur. Plusieurs espèces et variétés nouvelles figurent dans cette liste avec diagnoses originales en français. Les espèces nouvelles, au nombre de 16, sont les suivantes : *Asplenium acutipinnatum, A. Lavanchiei, A. linarifolium, A. longicaudatum, A. nigropalaceum, A. paucifolium, A. pseudopellucidum, A. villosum, Cheilanthes rotunda, Dryopteris australiæ, D. odontosora, D. pentagona, Leptochilus longiflagellatus, Platycerium diversifolium, Stenochlæna cordata, S. madagascarica.* La plupart proviennent des importantes récoltes de M. Perrier de la Bâthie à Madagascar.

A. PIERRE ALLORGE.

T. DOÏ. — **Uber die Sonnen- und Schattenblätter einiger Baüme** (*Journal of the Collège of Science, imp. Univ. Tokyo*, Vol. XL, 1917).

T. Doï étudie les différences présentées, chez un même arbre, par les bourgeons et les feuilles exposés au soleil et ceux qui sont au contraire situés à l'ombre (ombre fournie par la plante elle-même).

Choisissant ses sujets parmi les arbres du Jardin botanique de l'Université Impériale de Tokio, il relève les différences suivantes :

Les feuilles peu éclairées sont plus luisantes et plus foncées.

Les feuilles très éclairées ont les bords du limbe recourbés vers le haut ou les folioles dirigées l'une vers l'autre et vers le bas. Ces feuilles ont toujours une direction oblique vers le haut ou vers le bas tandis que les feuilles peu éclairées sont horizontales.

Les feuilles très éclairées sont plus épaisses, leur tissu palissadique est plus développé et leur épiderme supérieur pourvu d'une épaisse cuticule.

Les feuilles situées à l'ombre ont des cellules très allongées parallèlement à la surface, les méats intercellulaires sont plus développés et la teneur en eau plus grande.

La transpiration est à surface égale plus intense pour les feuilles très éclairées plus riches en stomates ; ces mêmes feuilles assimilent encore en automne quand les feuilles moins éclairées ont cessé de le faire.

Pour les bourgeons (ceux du *Cornus* et du *Magnolia)*, le nombre des écailles et des feuilles est plus grand chez les bourgeons exposés au soleil, et les feuilles très éclairées continuent à s'épaissir par formation de tissu palissadique alors que les feuilles exposées à l'ombre ne s'épaississent plus.

Des rameaux exposés, les uns au soleil, les autres à l'ombre, qu'on place, avant même leur épanouissement, dans des conditions équivalentes conservent néanmoins leurs caractères spéciaux et se distinguent parfaitement l'un de l'autre.

Madeleine MATTEI

E. A. NEWELL ARBER. — **A revision of the seed impressions of the british coal measures.** *(Annals of Botany*, vol. XXVIII, n° CIX, pp. 81-108 ; pl. VI-VIII, 52 figures ; 8 fig. in the text ; january 1914).

C'est toujours un travail délicat, qui consiste à déterminer des graines à l'aide de leurs empreintes. Le tégument de ces organes était complexe ; l'aspect que présente une empreinte de *Trigonocarpus* varie, suivant que le *sarcotesta* ou telle ou telle couche du *sclerotesta* apparaît conservée sur le schiste houiller. M. Newell Arber s'est proposé dans cette note de classer toutes les empreintes de graines recueillies dans le houiller d'Angleterre jusqu'en 1914. Il a créé et défini neuf genres nouveaux.

Il n'adopte pas l'ancienne classification générale en *radiospermées* et platyspermées, graines à axe ou plan de symétrie. Il s'inspire cependant du principe de cette classification pour établir certains genres. C'est ainsi que son genre *Radiospermum* désigne des graines à axe de symétrie, cylindriques ou ellipsoïdales, dépourvues d'ailes, de stries, munies parfois de côtes équidistantes. Mais ce genre *Radiospermum* est très compréhensif. Il comprend en effet les petites graines, parfois trouvées en place dans leur cupule (pl. VII, fig. 33-36) et pour lesquelles M. Nathorst a proposé le nom de *Lagenospermum* (1) et d'autres empreintes (pl. VII, fig. 38-41) qui me paraissent représenter l'un des aspects multiples, variables suivant la partie conservée du *testa*, des *Polypterospermum* de Brongniart.

Dans le genre *Rhabdocarpus* de Berger, on a souvent classé des empreintes n'offrant guère comme caractère commun que la striation longitudinale de leur *testa*. Les vrais *Rhabdocarpus*, appartenant au groupe des *Platyspermées*, sont dissymétriques ; leur *sarcotesta* se développe en aile. Ils sont confinés, d'après M. Arber, dans le Stéphanien et le Permien. L'auteur distingue deux genres nouveaux de graines striées ou costulées dans le sens de leur longueur : 1) le genre *Neurospermum* pour des graines à axe de symétrie et à testa fibreux, telles que les graines des *Neuropteris heterophylla* et *N. obliqua*, connues par les travaux de MM. Kidston et Jongmans ; 2) le genre *Platyspermum* pour des Platyspermées symétriques, sans aile.

De grandes graines à *testa* lisse ou orné de fines stries (longueur = 6 à 10 cm.), me semblent représenter les empreintes du *sarcotesta* des *Pachytesta* de Brongniart.

Le genre *Schizospermum* a pour caractère saillant le mode de déhiscence du *testa* en 3 valves. L'affinité trigonocarpique est ici évidente.

Près du genre *Samaropsis* de Gœppert, remarquable, entre autres caractères, par le développement en aile du *sarcotesta* et sa ressemblance de ce fait avec une samare, l'auteur a créé un nouveau genre *Samarospermum* qui se distingue par l'aile entourant complètement la graine.

A. Carpentier

E. A. Newel Arber : **On the fossil floras of the Wyre forest, with special reference to the geology of the coalfield and its relationships to the neighbouring coal measure areas** *(Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* Sér. B., Vol. 204, pp. 363-445 ; pl. 26-29, 12. 3. 14).

Le bassin houiller de la forêt de Wyre, dont le savant professeur de Cambridge a étudié la flore, s'étend à la fois dans le Shropshire et le Worcestershire (Angleterre).

L'auteur signale plusieurs espèces rares jusqu'ici dans le houiller anglais : *Nevropteris Blissi* Lesq., *Nevropteris plicata* Strernb ? *Lonchopteris rugosa* Brongt. ; une espèce nouvelle en Grande-Bretagne : le *Cordaianthus dubius* Grand-Eury, recueilli primitivement dans le Stéphanien du bassin de la Loire ; deux espèces nouvelles du genre *Sigillaria*.

A. Carpentier

---

(1) Nathorst, *Foss. Flora d. Polarländer,* Erster Teil, Vierte Lief : *Nachtrage zur palaeozoischen Flora Spitzbergens,* p. 29, 1914.

Nemours.— Imp Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

LE *REBOULIA* RADDI

par MM. Ch. et R. DOUIN. (1)

Nous disions récemment (2) que l'étude de nos Muscinées indigènes était une mine inépuisable. Le travail suivant sur le *Reboulia* en est une nouvelle preuve. Le *Reboulia* fait partie de ces quelques genres de Marchantiées relativement assez mal caractérisés, *parce qu'on ne leur connaît encore aucun caractère important qui leur soit spécial.*

Nees ab Esenbeck (3) faisait 4 espèces dans le genre *Reboulia*, espèces qu'il ne distinguait d'ailleurs que par des caractères très secondaires tirés du thalle ; 2 autres espèces créées plus tard n'auraient pas plus de valeur d'après Stephani (4) qui les élimine en ces termes ou à peu près : « Les plantes de cette très polymorphe espèce provenant de toutes les parties du globe *s'accordent dans toutes leurs parties essentielles.* »

Et Stephani ramène tout à une seule et unique espèce, le *Reboulia hemispherica* (L.) Raddi. Cependant, il semble faire quelques réserves pour le *R. longipes* Sande, puisqu'il signale quelques-uns de ses caractères distinctifs : un long pédoncule mince, un petit capitule et une très riche ramification ventrale. Ce serait pour Stephani une forme mal développée croissant parmi les Mousses. C'est peut-être une opinion un peu risquée, surtout lorsqu'on n'a vu ni la plante vivante, ni la plante en place. Cette forme mériterait probablement d'être étudiée plus sérieusement.

Avant tout, et dans le but de rendre le texte ci-dessous plus précis, nous dirons que pour nous le genre *Reboulia* présente 3 espèces bien distinctes, toutes trois vivant en France : le *R. hemisphaerica* Raddi, et deux *nov. sp.*, les *R. occidentalis* et *Charrieri*.

---

(1) Ce travail résulte à la fois de mes observations personnelles et des notes et croquis de mon fils, R. Douin, sur des cultures du *Reboulia* faites par lui avant sa mobilisation en août 1914, cultures que j'ai continuées jusqu'à ce jour (août 1917).

(2) Ch. et R. Douin. Note sur les *Sphaerocarpus (Rev. gén. de Bot.*, 1917, p. 129).

(3) Gottsche, Lindenberg et Nees ab Esenbeck. *(Syn. Hep.*, 1844-1846, p. 547 et suivantes et supplément, p. 190).

(4) F. Stephani. *(Sp. Hep.* I, pp. 87 et 88).

Voici maintenant les matériaux vivants qui ont servi de base à notre étude : le *R. hemispherica* de Banyuls-sur-mer (Pyr.-Orient.), le *R. occidentalis* de Dangeau (Eure-et-Loir) et celui de Cherbourg (leg. Corbière), le *R. Charrieri* de Banyuls-sur-mer et celui de Salonique (leg. Charrier). A part la plante de Salonique reçue récemment, les 4 autres plantes ont été cultivées exactement dans les mêmes conditions de lumière, chaleur et humidité.

I. HISTORIQUE

Nous allons examiner ici les descriptions et les figures des divers hépaticologues en ce qui concerne *les caractères essentiels des espèces*.

1° **Inflorescence.** — Pour tous les auteurs, le *Reboulia* est monoïque ; et, sauf pour Boulay, les andrœcies se trouvent sur la partie médiane et longitudinale du thalle, et un peu en arrière du pédoncule, ajoutent quelques-uns. Beaucoup disent que la plante peut être aussi dioïque ; ce qui est évident d'après les lois de l'inflorescence que nous avons formulées jadis (1). Enfin, Müller (2), voulant innover et être plus précis que les autres, déclare que le *Reboulia* est ordinairement paroïque, « *gewöhnlich paröcisch* ». Il sera prouvé plus loin que cette affirmation est fausse et que certaines formes du *Reboulia* ne sont paroïques qu'en apparence ; c'est ce qu'on pourrait appeler *une fausse inflorescence paroïque,* mais d'un genre différent de celui des Hépatiques à feuilles (3).

De tous les hépaticologues, Boulay (4) est le seul qui donne au *Reboulia* des andrœcies *situées vers les bords du thalle ;* cela provient de ce que l'abbé Boulay a toujours été un observateur consciencieux et que les andrœcies latérales du *R. occidentalis* ne lui avaient pas échappé.

---

(1) Ch. Douin. Lois de l'inflorescence chez les Muscinées (*Rev. bryol.*, 1911, p. 107).

(2) K. Müller. Die Lebermoose Deutschlands, Œsterreichs u. d. Schweitz, I, p. 256.

(3) Ch. Douin. L'inflorescence des Céphaloziellacées (*Rev. bryol.*, 1913, p. 84).

(4) N. Boulay. Muscinées de la France, II, Hépatiques, p. 191.

Limpricht (1) déclare les andrœcies subterminales, « *gegen das Sprossende* » ; et Heeg (2) dit qu'elles sont terminales, « *am Ende eines Sprosses* ». Massalongo (3) signale aussi et figure des andrœcies au sommet du thalle ; mais il ne s'agit là évidemment que de thalles en voie de développement et n'ayant pas encore donné la pousse apicale productrice de l'appareil ♀ et consécutive à la pousse ♂.

En résumé, le *Reboulia* est *autoïque ;* il peut devenir dioïque par avortement de l'un des appareils ♂ ou ♀, *mais il n'est pas paroïque* comme nous le verrons plus loin (II. Développement du thalle c. fl.).

2° **Lobes et rayons.** — Tout d'abord, le capitule du *Reboulia* a-t-il des rayons comme le prétend Müller (5), ou a-t-il des lobes comme l'assurent tous les autres hépaticologues ? En outre, quel sens doit-on attacher à ces deux expressions ? — En lisant les ouvrages généraux de Stephani, Schiffner et Müller, on reste tout surpris de ne rien comprendre à ce qu'ils entendent par lobes et rayons ; pas un n'a pensé à définir ces deux termes. Nous ne dirons pas que c'est un moyen d'escamoter la difficulté ; mais nous pouvons bien affirmer, sans craindre le moindre démenti, qu'ils se contredisent mutuellement et que leur texte est loin de briller par la clarté par suite de la confusion qui résulte de l'emploi fait par eux des expressions lobes et rayons.

C'est très probablement Nees ab Esenbeck qui a employé le premier (5) le terme de rayons : « *Marchantia receptaculis femineis stellatis radiis teretibus etc.* » ; et plus loin : « *An seinem Ende breitet sich der Fruchtstiel regelmässig... und von 6-12 Strahlen... Die Strahlen sind etc.* ». Tous les autres genres de Marchantiées ont des lobes pour Nees.

Nees a confirmé la même expression de rayons dans son *Synopsis* (6) : « *Receptaculum femineum pedunculatum, radiatum, radiis angustis basi conjunctis.* » Et l'expression de *rayons* ne s'applique toujours qu'au seul genre *Marchantia*.

---

(1) G. Limpricht. fl. Cohn, Lebermoose, p. 342.

(2) M. Heeg. Die Lebermoose Niederösterreichs, p. 131.

(3) C. Massalongo. Le *Marchantiaceae* della flora Europa *(Atti del Reale Inst. Veneto di Scienze,* etc., pp. 66 et 67 du tiré à part).

(4) K. Müller. *(Loc. cit.*, p. 256).

(5) Nees ab Esenbeck. Nat. der Europ. Lebermoose, IV, pp. 61 et 85, 1838.

(6) Gottsche, Lindenberg et Nees. *(Loc. cit.*, p. 521).

Stephani (1) accorde des rayons au capitule des genres *Preissia, Dumortiera, Wisnerella, Fegatella, Fimbriaria* et *Neesiella ;* par contre il en refuse au genre *Marchantia* et ne lui donne que des lobes ainsi qu'à la plupart des autres genres, même aux genres *Clevea, Sauteria* et *Peltolepis.*

Nous n'arrivons pas à comprendre comment on peut accorder des lobes et des rayons aux genres *Neesiella* et *Fegatella* qui n'ont en réalité ni lobes ni rayons, surtout dans ce dernier genre. Nous nous demandons aussi comment Stephani a pu voir des lobes dans les capitules du *Sauteria* et du *Peltolepis* qui sont réduits à peu près aux involucres soudés par leur base et qui sont presque complètement dépourvus de toute partie thalliforme au-dessus de ces involucres.

Comparant le *Dumortiera* au *Marchantia,* Stephani dit (2) du premier : « *Involucra itaque interradialia etc.* » *;* et plus bas en remarque : « *sehr deutlich sieht man... und zwischen den Gruppen wölbt sich der junge Radius vor.* » Les divisions du capitule ♀ du *Dumortiera* sont-ils des lobes ou des rayons pour Stephani ? Si ce sont des lobes, le texte cité est exact, mais alors les rayons sont purement théoriques et à peu près nuls ; si au contraire, comme c'est probable, ces divisions sont des rayons pour Stephani, son texte est en contradiction formelle avec Schiffner comme nous allons le voir un peu plus loin.

Par contre, si pour tous les hépaticologues le *Marchantia* a des rayons, pour Stephani (3), avons-nous dit, il ne possède que des lobes : « *Capitula ♀ vel symetrica, lobos aequimagnos gerentia etc.* » *;* et plus loin en observation : « ... *dass die Anzahl der Lappen des Capitulums variirt...* » *;* et enfin : « *Dieses Involucrum steht stets zwischen zwei Lappen...* ». Il y a bien en effet des *Marchantia* qui ont des lobes (voy. plus loin), mais c'est l'exception : le plus grand nombre des espèces et le *M. polymorpha* en particulier ont des rayons. Ceux qui ont des lobes ont toujours leurs involucres situés au-dessous ; la règle est d'ailleurs générale.

D'après Schiffner (4) les genres *Marchantia, Preissia, Dumortiera,*

---

(1) F. Stephani. *(Loc. cit.,* p. 64 et suivantes).

(2) F. Stephani. *(Loc. cit.,* p. 149).

(3) F. Stephani. *(Loc. cit.,* pp. 156, 159 et 160).

(4) V. Schiffner. Hepaticae, in Engler et Prantl *(Die nat. Pflanzenfamilien.* pp. 28-38).

Cryptomitrium et même les genres *Grimaldia* et *Neesiella* ont des rayons. Cependant Schiffner s'aperçoit bien que les rayons du *Dumortiera* n'ont rien de comparable à ceux du *Marchantia*, quand il écrit en renvoi p. 35 : « *Die Strahlen entsprechen nicht den Strahlen des Receptakulums von Marchantia, sondern dessen Zwischenräumen.* » Pour le *Grimaldia*, il dit qu'il a des involucres *sous les rayons*, tandis qu'ils sont *interradiaux* chez le *Neesiella*. Mais, pourquoi le *Grimaldia* n'aurait-il pas des lobes? Encore une fois, quelle distinction doit être faite entre lobes et rayons? En outre, Schiffner (1) accorde à la fois des lobes et des rayons au genre *Bucegia ;* mais là encore, s'il y a bien des lobes au-dessus des involucres, les rayons sont rudimentaires et purement théoriques s'ils ne sont pas tout à faits nuls.

Müller (2) fait les mêmes errements en les amplifiant suivant son habitude. Pour lui, les genres *Marchantia, Preissia, Bucegia* et jusqu'aux genres *Sauteria, Peltolepis, Lunularia* et *Reboulia* ont des rayons. En lisant son texte, on pourrait croire qu'il confond les deux termes ; mais la phrase suivante de sa clef (p. 237) montre qu'il n'en est rien. En effet, il dit du *Neesiella :* « *Hulle unter den Lappen, die zwischen den Strahlen stehen.* »

Ainsi, d'après Müller, le *Neesiella* aurait à la fois des lobes et des rayons. Nous avons déjà vu que le capitule du *Neesiella* n'a, en réalité, ni lobes ni rayons, à moins de lui accorder, comme nous l'indiquons plus loin, des lobes et des rayons *purement théoriques* et absolument *sans aucune valeur pratique*. Nous avons déjà dit ce que nous pensions du *Sauteria* et du *Peltolepis* qui, comme le *Lunularia*, n'ont sûrement ni lobes ni rayons.

Dans le *Marchantia*, Müller (3) place bien les involucres *entre* les rayons qui renferment à l'intérieur de nombreux poils absorbants.

Le *Reboulia* (4) a des rayons qui protègent les involucres : « Blütenboden am Rande mit 4-7 breit dreieckigen *Strahlen; auf der Unterseite jedes Strahls* ist eine zarte, wasserhelle Hülle angewachsen etc. »

---

(1) V. Schiffner. Untersuchungen über die Marchantiaceen-Gattung Bucegia (*Bot. Centralblatt*, 1908, p. 287).

(2) K. Müller. (*Loc. cit.*, pp. 239-308).

(3) K. Müller. (*Loc. cit.*, pp. 69 et 303).

(4) K. Müller. (*Loc. cit.*, p. 259).

Le *Lunularia* (1) aurait aussi des rayons d'après Müller : « *bei Preissia ist das Receptakulum ebenso wie bei Lunularia vierstrahlig.* » Pourtant ces deux genres ainsi comparés et rapprochés sont aux antipodes l'un de l'autre; et, pour le *Lunularia*, ces prétendus rayons sont les involucres fructifères.

En résumé, Müller donne le nom de rayons à trois sortes d'organes radicalement différents : aux *divisions du capitule protégeant les cavités pilifères* du *Marchantia*, aux *divisions du capitule protégeant les involucres* ♀ du *Reboulia* et à *ces involucres* eux-mêmes dans le genre *Lunularia*. Cette confusion regrettable est malheureusement de nature à dérouter les hépaticologues à qui on a affirmé que la flore de Müller était un ouvrage de premier ordre.

Massalongo (2) plus avisé n'accorde des rayons qu'aux genres *Marchantia* et *Preissia* ; tous les autres genres ou à peu près ont des lobes.

Toutes ces contradictions montrent la nécessité de donner une définition précise aux deux termes *lobes* et *rayons*.

En dessous, le capitule se partage ordinairement entre les involucres et les cavités pilifères qui les séparent. On pourrait appeler *rayons* les parties du capitule situées au-dessus des cavités pilifères et *lobes* les parties intermédiaires situées au-dessus des involucres ; de cette façon, *théoriquement* tout au moins, on pourrait dire que les capitules de presque toutes les Marchantiées ont à la fois des lobes et des rayons, les involucres étant toujours au-dessous des lobes, *jamais ailleurs*. Mais, dans la pratique, il est loin d'en être ainsi : beaucoup de capitules n'ont en réalité ni lobes ni rayons, soit que ces organes soient réduits aux involucres soudés latéralement et par leur base avec des cavités pilifères non différenciées et réduites aux sinus interinvolucraux *(Clevea, Sauteria* et *Peltolepis)*, soit que le capitule ne soit pas divisé sur ses bords *(Fegatella, Neesiella)*. Dans ce dernier cas, surtout chez le *Fegatella*, les involucres sont inclus dans la masse du capitule et on peut affirmer, malgré Stephani, qu'il n'y a aucune trace de rayons, attendu *qu'il n'y a pas de cavités pilifères* comme dans la plupart des autres genres (3).

---

(1) K. MÜLLER. *(Loc. cit.*, p. 68).

(2) C. MASSALONGO. *(Loc. cit.*, pp. 26 et 31).

(3) R. DOUIN. Sur les dispositifs de l'absorption de l'eau dans le capitule femelle et le disque mâle des Marchantiées *(C. R. Ac. Sc.*, t. CLI, p. 997, séance du 24 novembre 1913).

En général, les lobes et les rayons sont les noms que l'on donne aux parties plus ou moins profondément divisées des bords des capitules chez les Marchantiées. Le nom de rayons ayant été appliqué tout d'abord par Nees aux ramifications du capitule du *Marchantia polymorpha,* en bonne logique, *on ne pourra donner ce nom qu'aux organes semblables.* Nous appellerons donc *rayons les divisions du capitule qui protègent les cavités pilifères,* et nous réserverons le nom de *lobes aux parties du capitule qui recouvrent et protègent les involucres.*

En définitive, — la plupart des espèces du genre *Marchantia* actuel *(Marchantia* (L.) Ch. et R. Douin emend.) et le genre *Preissia* ont des rayons ; mais déjà, dans ce dernier genre, ils sont fort réduits et à peine saillants au dehors ; cependant, ce sont de vrais rayons, car le capitule ♀ du *Preissia* a bien la même constitution, dans ses parties essentielles, que celui du *Marchantia ;* — les *Lunularia, Clevea, Sauteria* et *Peltolepis* n'ont ni lobes ni rayons ; — les autres espèces du genre *Marchantia* des auteurs *(Marchantia geminata, Treubei,* etc.) et tous les autres genres n'ont que des lobes, leurs rayons étant rudimentaires et non distincts.

En outre, ces deux sortes d'organes (lobes et rayons) dénotent des organisations bien différentes : c'est pourquoi les espèces du genre *Marchantia* pourvues de lobes comme le *M. geminata* figuré par Schiffner (1) devront être séparées et former un genre distinct pour lequel nous proposons le nom de *Marchantiopsis*. Ce caractère essentiel est d'ailleurs complété par d'autres assez importants : capitule asymétrique, lobes réduits à 3-4, etc. Voyez le *Species hepaticarum* de Stephani (2). Pour être justes, nous devons constater que Schiffner lui-même (3) avait bien vu que les *Marchantia geminata, Treubei,* etc., n'ont rien de comparable, dans leur capitule ♀, avec le *M. polymorpha.*

A la vérité, le caractère généralement employé par les hépaticologues pour reconnaître le genre *Marchantia,* ce sont *ses corbeilles circulaires à propagules.* Ce caractère, bien que très utile pour la

(1) V. Schiffner. *(Loc. cit.,* p. 37, fig. D à H).

(2) F. Stephani. *(Loc. cit.,* pp. 180 à 183).

(3) V. Schiffner. *(Loc. cit.,* p. 284, renvoi 1).

détermination, ne saurait être suffisant pour caractériser un genre, par ce que nous voyons chez les autres Hépatiques (1).

D'une façon générale, les deux sortes d'organes, lobes et rayons, s'excluent dans un même capitule. Si le capitule a des lobes, il n'a jamais de vrais rayons ; si, au contraire, il a des rayons, ses lobes sont nuls, ou rudimentaires si l'on veut. Le genre *Preissia* est le seul dont on puisse dire qu'il possède à la fois des lobes et des rayons, par suite de la forme de son capitule et du petit nombre de ses rayons : ces derniers forment les quatre parties saillantes du capitule ; entre ces parties se trouvent des lobes *non distincts* cependant ; ils recouvrent les involucres, mais ne se détachent pas de la forme générale du capitule, de sorte que ce ne sont en réalité que des lobes théoriques.

3° **Capitules et Spores.** — Le nombre des lobes dans le capitule du *Reboulia* est de 1 à 6 pour la plupart des auteurs, et en particulier pour Nees, Howe (2) et Schiffner, avec séparation jusqu'à la moitié du capitule pour tous.

La grosseur des spores est de 60 à 80 μ environ pour la plupart d'entre eux. Seul Stephani les indique comme étant beaucoup plus petites (35 μ). De telles différences, *qaand elles sont exactes*, indiquent toujours des espèces différentes. Il n'est pas douteux que Stephani a eu affaire à notre *R. Charrieri*.

4° **Figures chez les auteurs.** — La plupart des dessins sont incomplets ou insuffisants, et beaucoup d'auteurs ont simplement copié ceux de Bischoff (3). Dans la figure 4 de ce dernier, on distingue bien une andrœcie sur un même thalle avec l'appareil ♀ ; mais la figure 6 est la meilleure ; c'est pourquoi sans doute les auteurs oublient toujours de la reproduire.

Le *Reboulia* de Jameson dans le récent ouvrage de Macvicar (4) est bien représenté, mais l'andrœcie manque.

Dans Müller (5), le dessin est complet, mais paraît truqué, car l'andrœcie est mal formée et mal placée ; c'est, pour le moins, une forme anormale.

---

(1) Ch. Douin : Les propagules des Céphaloziellacées *(Bull. Soc. bot. de France*, 1913, pp. 478 et 479).

(2) M. A. Howe. The Hepaticae and Anthocerotes of California, p. 39.

(3) Bischoff. Bemerkungen uber die Lebermoose, etc., pl. LXIX, fig. 1 à 7.

(4) Sym. M. Macvicar. The Student's Handbook of British Hepatics, p. 35, fig. 1.

(5) K. Müller. *(Loc cit.*, p. 258, fig. 158).

Les croquis de Massalongo (1) sont sûrement bien plus vraisemblables.

II. DÉVELOPPEMENT DU THALLE c. fl. DU *REBOULIA* (2).

Il y a fort peu de différences dans les thalles des trois espèces du genre *Reboulia*. Dans le *R. Charrieri*, les stomates nous paraissent cependant moins parfaits et souvent réduits à un ou deux cercles de cellules seulement autour de l'ouverture stomatique. Les différences essentielles sont dans les spores et la place des andrœcies dont nous allons montrer le développement.

1° ***R. occidentalis*** **de Dangeau** (E.-et-L.). — De la base du pédoncule naît une pousse subflorale *a* (1, Fig. 1) qui s'accroît peu à peu puis se termine près de son sommet par une andrœcie ; celle-ci présente bientôt à son extrémité une pousse apicale *b* qui grandit (2, 3 et 4) de façon à diviser l'andrœcie primitive en deux andrœcies secondaires *m*, *n*. Ces dernières sont écartées peu à peu et rejetées vers les bords (5 et 6). On voit ainsi très nettement que le *Reboulia est autoïque, puisque les appareils ♂ et ♀ naissent sur 2 ramifications différentes d'un même thalle,* quoique la seconde se place dans le prolongement de la première et paraisse en être la continuation sur

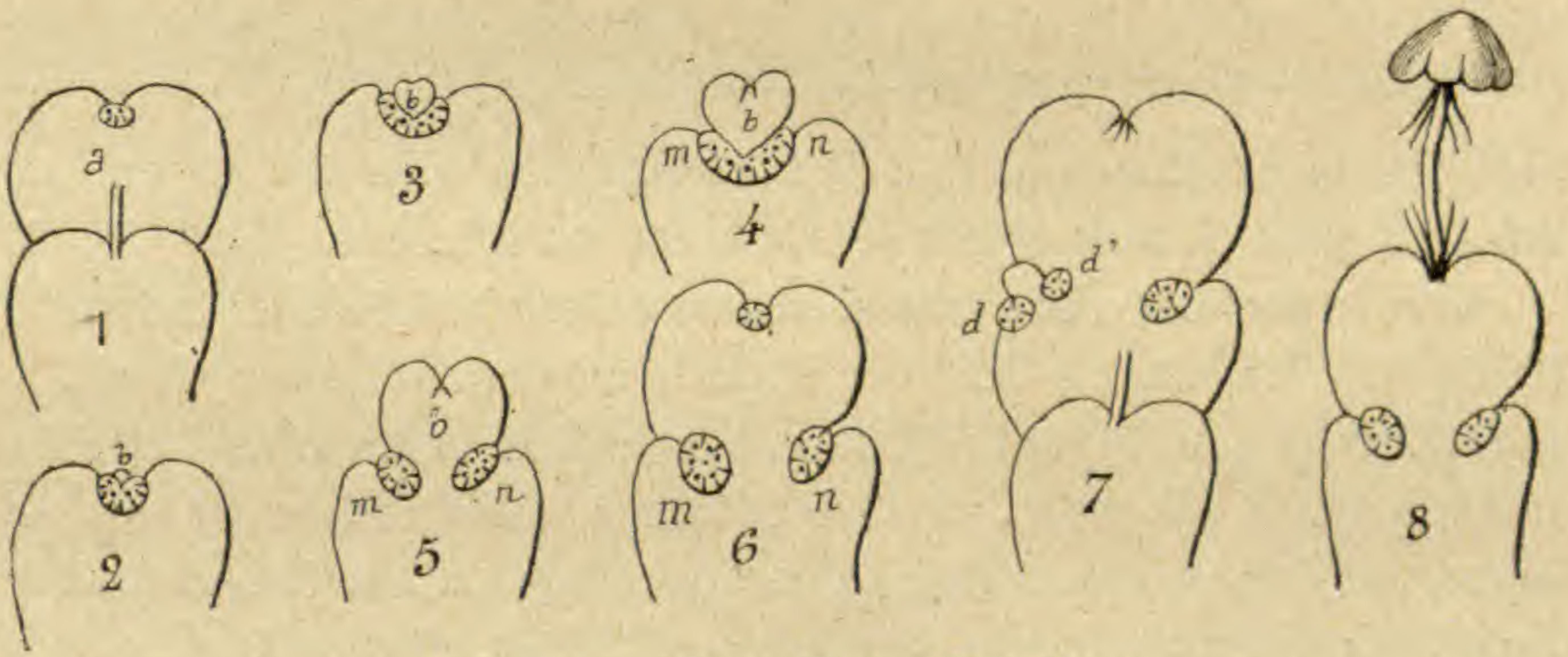


Fig. 1. — *Reboulia occidentalis.*

---

(1) C. Massalongo. *(Loc. cit.*, pl. XIX, fig. 1, 2 et 3).

(2) Les dessins 1 à 25 représentent le thalle grossi 2 fois environ ; les dessins 26 à 33 représentent les spores avec un grossissement de 190 diamètres.

le thalle complètement développé. On voit en outre que ce *Reboulia* n'est nullement paroïque, *pas même en apparence*.

Il peut même arriver que les andrœcies secondaires obtenues se dédoublent encore une fois et de la même façon par une nouvelle pousse apicale (7, *d*, *d'*). Ce dernier dessin représente un échantillon du *R. occidentalis* de Dangeau récolté et dessiné le 15 novembre 1893.

2° ***R. hemispherica* Raddi de Banyuls-sur-mer** (Pyr. Orient.). — La plante vivait parmi le *Corsinia* au bas d'une pente inculte tournée vers le nord et située non loin de Mes Abeilles. Des thalles en ont été extraits et cultivés à part sur de la tourbe siliceuse.

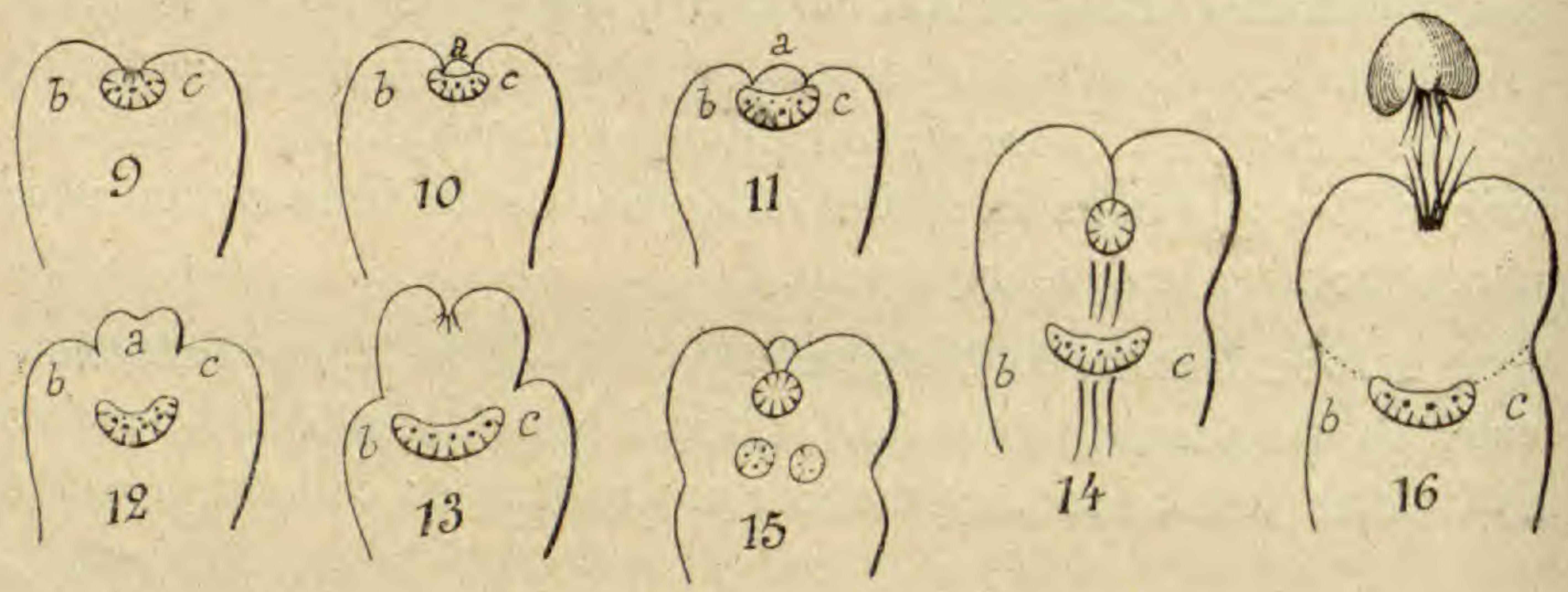


Fig. 2. — *R. hemispherica*.

Vers le sommet d'une pousse ventrale s'est formée une andrœcie (9, fig. 2); ensuite au-delà est apparu un petit lobe *a* (10) qui a grandi peu à peu (11) en repoussant latéralement les lobes *b* et *c* du thalle primitif (12 et 13). En même temps, *l'andrœcie s'est trouvée rejetée sur le dessus du thalle*, parce que le lobe *a*, *au lieu de rester indépendant* comme dans le *Reboulia* précédent, *s'est soudé aux lobes voisins b* et *c* que son développement en largeur a rendu latéraux (13, 14 et 16). Dans ce *Reboulia*, même lorsque l'andrœcie se dédouble (15), — nous avons constaté ce cas anormal dans nos cultures, — les deux andrœcies secondaires sont rejetées *en dessus et dans le voisinage du milieu du thalle*.

On voit ainsi que, s'il y a une différence considérable entre les *R. hemispherica* et *occidentalis*, il y a pourtant la plus grande ressemblance dans le développement de leur thalle c. fl. C'est la raison pour laquelle les deux plantes appartiennent sûrement au même genre, contrairement à ce que nous faisait croire un premier examen des plantes mises en culture.

En outre, ce qui précède montre que le *R. hemispherica* de Banyuls est autoïque comme le *R. occidentalis* et nullement paroïque tout en le paraissant.

3° ***R. Charrieri* de Banyuls**. — Ce *Reboulia*, récolté dans un petit vallon sec un peu au-dessus de la petite ville a été cultivé exactement comme le *R. occidentalis* avec lequel il nous a semblé tout d'abord identique par le développement des andrœcies. Ici, pour cette raison, nous n'avons pas suivi, comme dans les deux cas précédents, le développement *d'un même thalle ;* mais les dessins 17, 18 et 19 (fig. 3) faits à diverses époques et sans idée préconçue, ne laissent aucun doute sur l'identité de son développement avec celui du *R. occidentalis.*

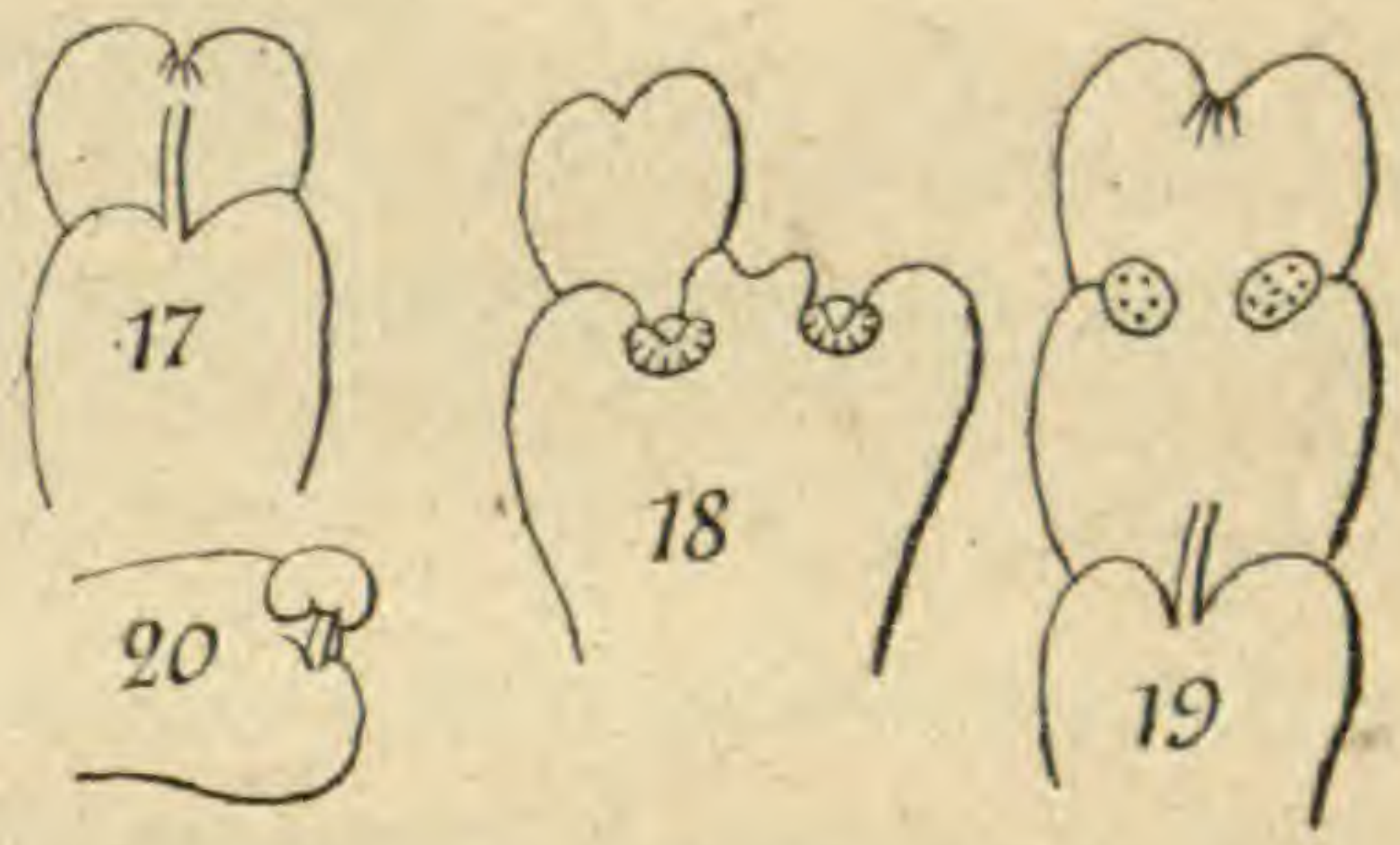


Fig. 3. — *R. Charrieri.*

Ce *Reboulia,* dans nos cultures, montrait une abondante ramification ventrale ; mais ce caractère n'a pour nous rien de spécifique. Cet état provenait du milieu humide, et parce que les divers thalles étant tassés les uns contre les autres et ne pouvant se développer normalement en surface donnaient des pousses ventrales plus ou moins redressées.

4° **Forme de l'andrœcie**. — L'andrœcie débute par une forme arrondie ou elliptique qui prend ensuite plus ou moins la forme d'un croissant de lune. Quand elle ne se dédouble pas, elle conserve ordinairement cette forme dans les thalles bien développés ; si au contraire elle se dédouble, les deux andrœcies secondaires qui en résultent prennent une forme nettement arrondie ou elliptique (voy. les dessins 1 à 25). La forme en croissant de lune indique un commencement de dédoublement.

5° ***R. occidentalis* de Cherbourg**. — Placé sur un sol riche en humus (tourbe siliceuse) et bien pourvu d'eau, le *R. occidentalis* s'est accru avec une rapidité surprenante, ce qui a amené le développement exceptionnel de pousses subflorales à la base antérieure des andrœcies (21). Il en est résulté des conséquences assez curieuses : la pousse subflorale *b*, interceptant par sa position les poils absorbants destinés à nourrir la pousse apicale *a* située au-dessus, celle-ci est restée rudimentaire et la première seule s'est développée ; l'andrœcie ne se trouve divisée que partiellement à sa partie antérieure. La pousse subflorale *b* a donné, dans le sinus *m* de son extrémité, une nouvelle andrœcie qui s'est comportée exactement comme la première. Nous avons pu compter ainsi *jusqu'à 3 et 4 pousses subflorales successives, terminées chacune par une andrœcie* (22). On voit ainsi que, sous l'influence de conditions externes excessivement favorables, *le thalle a une tendance manifeste à rester unisexué.* Un hépaticologue, qui rencontrerait cette forme dans la nature, n'hésiterait pas à la déclarer dioïque.

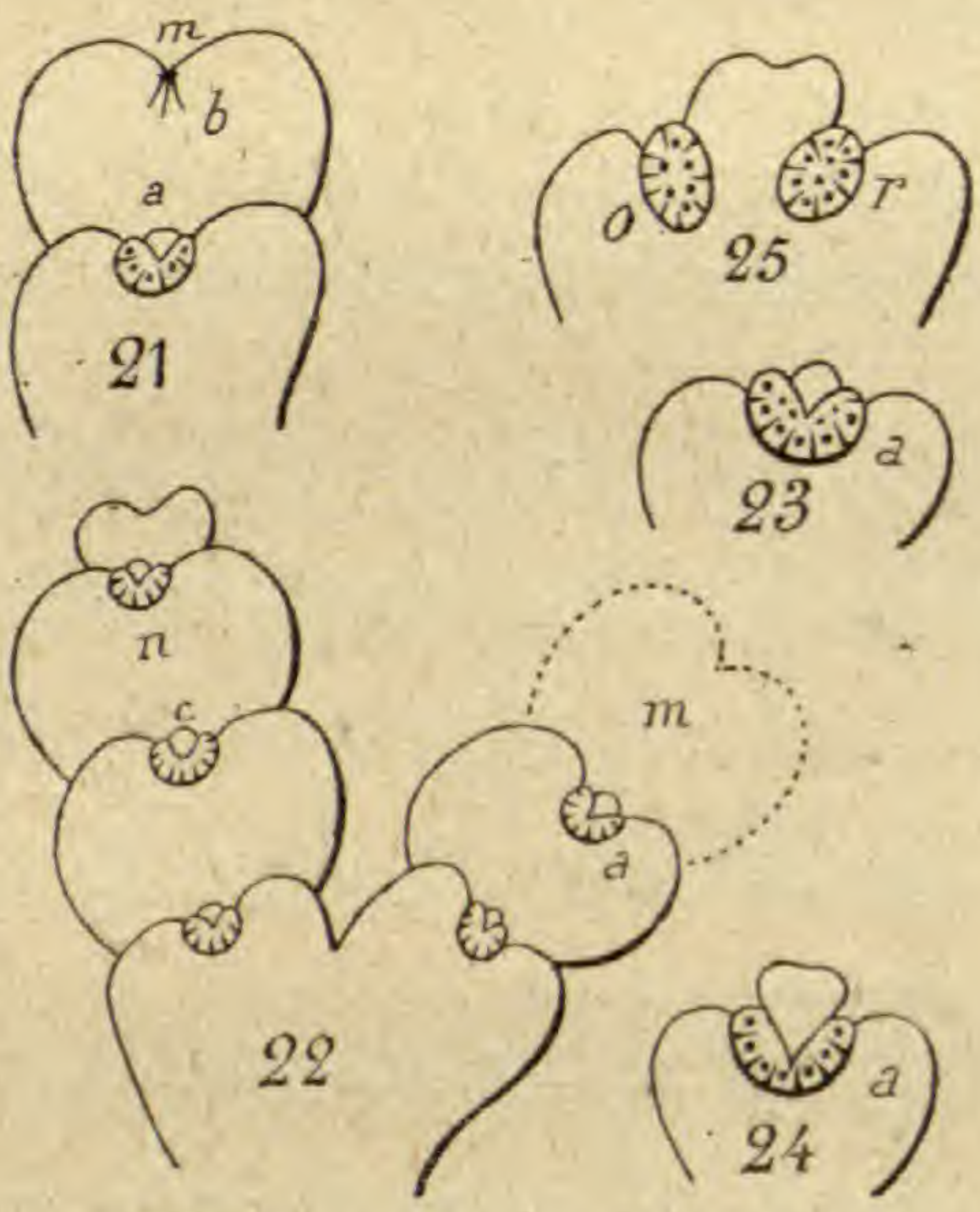


Fig. 4. — *R. occidentalis*

Pour vérifier que ce résultat était bien dû aux circonstances extérieures, nous avons fait plusieurs fois l'expérience suivante, et le résultat a été le même dans tous les cas. Sur des thalles bifurqués semblables à celui représenté dans le dessin 22, nous avons enlevé la pousse subflorale *m* et conservé comme témoin la pousse subflorale voisine *n*, ces pousses étant encore toutes deux stériles au moment de l'expérience. L'andrœcie *a*, représentée plus grossie (23) n'avait au moment de l'opération qu'une pousse apicale rudimentaire comme *c*. Cette pousse *c* est restée rudimentaire, tandis que la pousse apicale de *a* s'est agrandie *jusqu'à diviser l'andrœcie primitive (a,* 24) *en deux andrœcies secondaires séparées (o* et *r,* 25). On voit ici la démonstration expérimentale du caractère fondamental du genre *Reboulia* que nous allons formuler.

6° **Caractère essentiel du genre *Reboulia*.** — En résumé, — et c'est là un caractère inédit du genre *Reboulia* et lui appartenant exclusivement, — *les fl. ♂ se développent vers le sommet d'une pousse ventrale ou subflorale, tandis que les fl. ♀ apparaissent au sommet d'une pousse apicale issue de la précédente.* Cette pousse apicale se met dans le prolongement de la première et semble en être la continuation (6 et 8, 14 et 16) ; de là l'erreur de Müller signalée précédemment. Aucun autre genre de Marchantiées ne possède ce caractère.

C'est de cette façon que les choses se passent habituellement dans la nature ; mais il n'en pas toujours ainsi, surtout quand les conditions extérieures ne sont pas normales comme cela a lieu souvent dans les cultures. Tantôt le thalle se termine par l'appareil ♀ sans avoir donné l'andrœcie ; tantôt il se bifurque : l'une des ramifications donne le capitule ♀ et l'autre un disque ♂. Il n'y a là rien d'extraordinaire dans une plante autoïque, puisque chaque portion de thalle est apte à donner l'appareil ♀ ou l'appareil ♂, ou les deux à la fois.

III. CAPITULE ET SPORES

1° **Appareil ♀.** — Les différences entre les capitules du *R. occidentalis* et du *R. hemispherica* sont fort peu importantes ; elles sont bien plus sérieuses en ce qui concerne le *R. Charrieri* comparé aux deux autres.

Dans le *R. occidentalis*, le capitule a pendant longtemps une forme plus ou moins conique (8) avec ordinairement 4-6 lobes égaux et généralement presque tous pourvus d'un involucre fertile. Dans le *R. hemispherica,* le capitule est plutôt hémisphérique (16), sauf tout à la fin, avec 6-8 lobes dont la moitié restent habituellement rudimentaires et stériles ; par contre, dans le *R. Charrieri,* le capitule beaucoup plus petit (20) est réduit à 2-3 lobes dont 1 ou 2 protègent un involucre fertile ; de plus, ce capitule est presque sessile, même dans nos cultures où il n'a nullement souffert de la sécheresse.

C'est dans le *R. occidentalis* que le pédoncule (1) atteint sa plus grande longueur (15-25 mm.) ; dans le *R. hemispherica* de nos cultures, il reste toujours plus petit (5-10 mm. seulement).

Ces caractères du pédoncule et du capitule du *R. Charrieri* sont si frappants que nous avons pu pressentir, après avoir vu la plante de Salonique, que le *Reboulia* du vallon sec près Banyuls devait appartenir aussi à cette même espèce ; c'est ce que l'examen des spores a pleinement confirmé.

2° **Spores.** — Le *R. occidentalis* de Dangeau et Cherbourg a de grosses spores (60-90 μ) avec des alvéoles profondes et très nettes sur leur partie externe dans la tétrade primitive ; de plus, les lamelles séparatives sont très papilleuses sur leur bord libre (26 et 27 fig. 5).

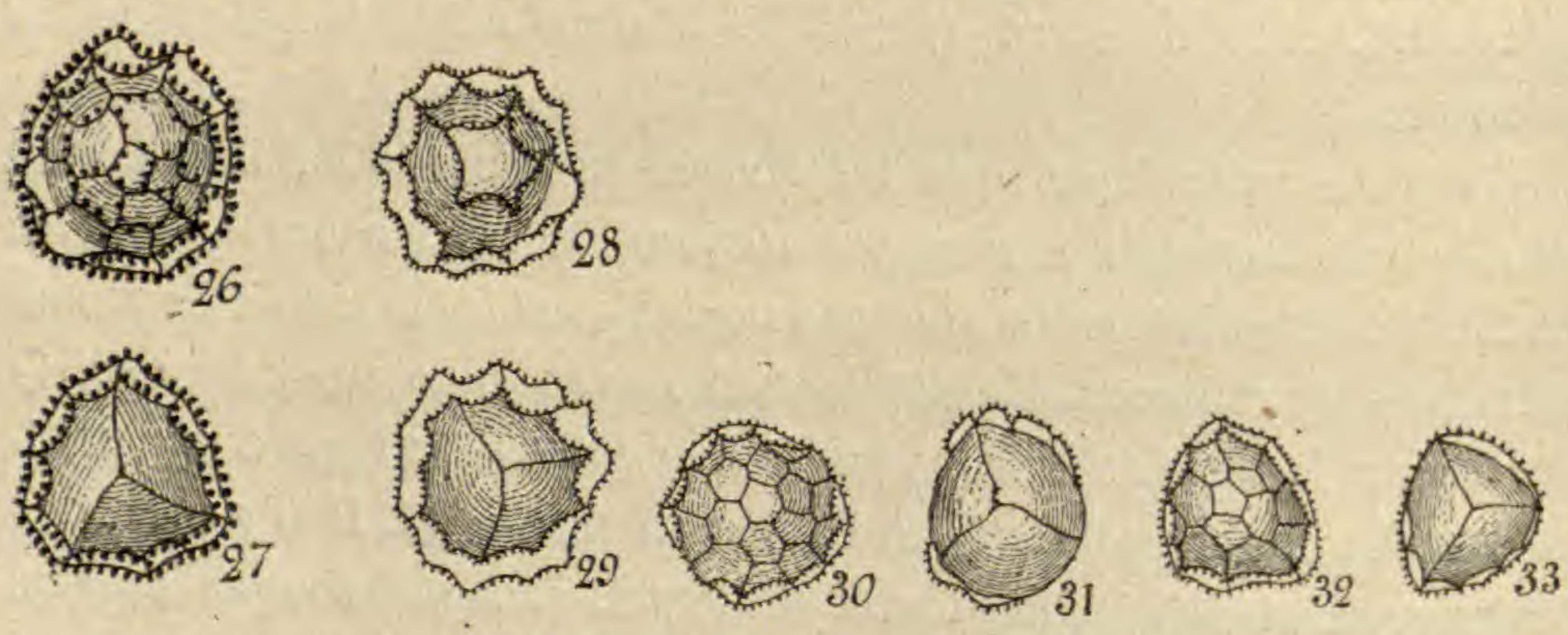


Fig. 5. — Spores du *Reboulia*.

Le *R. hemispherica* de Banyuls a aussi des spores assez grosses (55-70 μ), mais les alvéoles de la face convexe sont souvent peu distinctes quoique aussi profondes ; cela forme souvent plutôt des sortes de crêtes qui sont à peine ou finement papilleuses (28 et 29).

Le *R. Charrieri* a des spores bien différentes, à la fois par leur grosseur moindre (35-60 μ) et les alvéoles dorsales qui sont fort peu profondes ; les lamelles séparatives sont très étroites et à peine ou finement papilleuses. Les dessins 30 et 31 ont été faits sur la plante de Salonique, tandis que les dessins 32 et 33 proviennent de celle de Banyuls. Comme on le voit, ces spores ressemblent beaucoup à celles des *Riccia*. Quand elles ne sont pas complètement mûres, les lamelles et les alvéoles sont à peine distinctes.

---

(1) Il ne faut pas confondre, comme le font beaucoup d'auteurs, le pédoncule et le pédicelle, car ce sont des organes complètement différents et *sans aucun rapport entre eux*. Le pédicelle porte la capsule et appartient au sporophyte ; le pédoncule est le support du capitule fructifère des Marchantiées et appartient au gamétophyte.

Au premier abord nous avions pensé que ces spores réduites devaient être le résultat d'une anomalie due à la sécheresse comme c'était le cas pour le *Sphaerocarpus texanus* de Chavannes (1) ; mais cette anomalie possible chez le *Sphaerocarpus*, qui vit *au soleil dans les champs cultivés*, n'est guère admissible chez le *Reboulia* qui vit à l'ombre sur le talus des fossés, des ravins ou des chemins creux. D'ailleurs l'examen des spores du *Reboulia* de Banyuls a montré que ces spores étaient normales. Enfin, la contre-épreuve suivante a encore confirmé ce résultat. Dans notre culture du *R. hemispherica* de Banyuls, il y avait quelques capitules rabougris, quoique assez longuement pédonculés, mais réduits à 2-3 lobes, car « qui peut le plus, peut le moins ». Des capsules mûres de ces capitules ont montré les grosses spores avec les larges lamelles très peu papilleuses du *R. hemispherica* normal.

Il résulte de ce qui précède que le *R. Charrieri* est, comme le *R. occidentalis*, une *bona species* jusqu'ici passée inaperçue et confondue également avec le *R. hemispherica*.

IV. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE

On comprendra qu'il nous est absolument impossible actuellement d'indiquer la répartition géographique des trois espèces signalées, d'autant plus que, comme toutes les espèces communes, les échantillons du *Reboulia* sont généralement peu nombreux dans les herbiers. En effet — et c'est un tort, — les botanistes ne prisent guère que les espèces rares.

Tout ce que nous pouvons dire aujourd'hui, c'est que le *R. occidentalis* se rencontre plus particulièrement et peut-être exclusivement *dans l'ouest de l'Europe*, tandis que les *R. hemispherica* et *Charrieri* vivent surtout *sur le contour de la Méditerranée*. En particulier, nous avons reçu jadis le *R. hemispherica* d'Algérie (leg. Ed.

---

(1) Ch. et R. Douin. Note sur les *Sphaerocarpus* (*Rev. gén. de Bot.*, 1907, p. 129).

Doutté) et des environs de Florence (leg. Levier). W. Edw. Nicholson nous a envoyé récemment le *R. Charrieri* de la Sicile, et R. Douin l'a récolté dernièrement (février 1918) près de Vérone (Italie).

Nous espérons que notre travail attirera l'attention des hépaticologues sur ce genre trop négligé et qu'ils achèveront ainsi ce que nous n'avons pu faire ; nous sommes bien entendu à leur disposition pour les aider dans leurs déterminations.

V. SYSTÉMATIQUE

Nous commencerons par donner une courte diagnose latine des trois espèces adoptées, et nous la ferons suivre en français d'une clef un peu plus pratique.

DESCRIPTION DES ESPÈCES

1° ***R. hemispherica* (L.) Raddi**. — Capitula satis magna (3-4 mm. late) pedunculo satis longo (5-10 mm.) et lobis numerosis (usque ad 6-8) quorum 3-4 rudimentarii et cum involucro sterili.

Andrœciæ ab initio ad summum thalli in sinu, deinde rejectæ in pagina antica et media.

Sporæ magnæ (55-70 μ), in facie dorsale cum alveolis sæpe indistinctis et lamellis latis subtilissime papillosis.

2° ***R. occidentalis* Ch. et R. Douin**, *nov. sp.* — Capitula satis magna (4-5 mm. late) pedunculo longo (usque ad 15-25 mm.) et lobis numerosis (usque ad 5-6) fere omnibus cum involucro fertili.

Andrœciæ ab initio ad summum thalli in sinu, deinde rejectæ lateraliter.

Sporæ magnæ (60-90 μ) cum alveolis profundis satis distinctis et lamellis valde papillosis.

3° ***R. Charrieri* Ch. et R. Douin**, *nov. sp.* — Capitula parva (2mm late circiter) fere sessilia aut brevi pedunculata et lobis parum numerosis (2-4), quorum 1-2 cum involucro fertili.

Andrœciæ ab initio ad summum thalli in sinu, deinde rejectæ lateraliter.

Sporæ parvæ (35-60 μ) cum alveolis paululum profundis et lamellis paululum papillosis in facie convexa.

Nous avons dédié cette dernière espèce à notre ami J. Charrier qui nous l'a envoyée de Salonique où l'ont conduit les hasards de la mobilisation.

CLEF DES ESPÈCES

+ Spores *de 35 à 60* μ *à ailes et alvéoles très réduites et très finement papilleuses* (dessins 30 à 33) ; thalle étroit (4-5 mm.); capitules à peu près hémisphériques réduits à *2-4 lobes* et à pédoncule *très court* (dess. 20); anthéridies finalement *dédoublées et rejetées latéralement* (dess. 19).

R. Charrieri

+ Spores *plus grosses* (55-90 μ), *à larges ailes formant de profondes alvéoles ou des crêtes* (fig. 26 à 29) ; thalle plus large (5-8 mm.) ; capitules beaucoup plus gros *à 4-8 lobes* et à pédoncule *plus long* (10-12 mm. au moins).

× Andrœcies *ne se divisant pas et situées sur le milieu du thalle* en arrière du pédoncule (dess. 16); à la base du pédoncule et de l'andrœcie les chambres aérifères forment souvent (dess. 14) de profondes rainures et de petites crêtes longitudinales ; spores à alvéoles peu régulières et souvent peu nettes, formant plutôt des crêtes avec des lamelles *très peu papilleuses* (dess. 28 et 29); capitules très longtemps *hémisphériques.*

R. hemispherica

× Andrœcies primitives *se dédoublant chacune en deux andrœcies secondaires qui sont rejetées latéralement* (dess. 8) ; à la base du pédoncule et des andrœcies encore médianes, les chambres aérifères forment des rainures peu accusées ou nulles ; spores à alvéoles nettes et assez régulières avec des lamelles séparatives *fortement papilleuses* (dess. 26 et 27) ; capitules vite assez nettement *coniques.* *R. occidentalis*

Remarques. — Nous avons appelé *R. hemispherica* Raddi les plantes dont les andrœcies sont sur le milieu du thalle. Comme on le voit, le *R. Charrieri* possède les andrœcies du *R. occidentalis* et les capitules hémisphériques du *R. hemispherica,* avec des caractères spéciaux : dimensions réduites de tous ses organes, surtout des spores, du pédoncule et des capitules réduits à 2-4 lobes.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par **M. Raoul COMBES**

(suite)

En 1889, Wothschall (1) étudie la localisation de la solanine dans les *Solanum* en utilisant : le réactif de Mandelin, qui donne avec la solanine une coloration jaune passant ensuite au rouge, au violet et au bleu, le réactif de Brandt, qui donne une coloration rouge passant à l'orangé, puis au jaune brun, enfin l'acide sulfurique, qui colore la solanine en orangé, passant au rouge et au violet.

Cet auteur constate ainsi que la solanine est abondante dans les méristèmes, et diminue dans les tissus à mesure qu'ils se différencient ; elle persiste rarement dans les organes complètement développés, sauf au voisinage des bourgeons et des radicelles. Toutefois, dans les bourgeons floraux, la proportion de solanine s'accroît au cours du développement. Pour Wothschall, la solanine ne serait ni un produit de la synthèse primaire des substances organiques, ni une substance de déchet, ni une matière de réserve, ni une forme de transport ; elle constituerait un composé intermédiaire formé sur place au cours des transformations chimiques de certaines substances.

---

(1) Wothschall. Ueber die mikrochem. Reaction des Solanins. *(Zeitschr. für wiss. Mikroskopie,* T. V, pp. 19-38, 182-195, 1889).

Wothschall. Zur Frage über die Verbreitung und Vertheilung des Solanins in der Pflanzen. *(Arbeit. d. Nat. Ver. zu Kasan,* T. XVIII, p. 103, 1889).

Wothschall. Das Schicksal und die Bedeutung des Solanins im Leben der Pflanzen. *(Arbeit. d. Nat. Ver. zu Kazan,* T. XIX, p. 5, 1889).

Clautriau (1), dans un Mémoire relatif à l'azote dans les capsules de Pavot, parlant des composés azotés des végétaux, s'exprime ainsi au sujet de la solanine. « A côté de l'asparagine, il existe un certain nombre de combinaisons azotées dont le rôle physiologique est encore très peu connu. Certaines, sans doute, doivent constituer des déchets de l'activité protoplasmique, comparables à l'urée et aux autres corps azotés d'excrétion des animaux. Mais tous sont-ils des rebuts? La solanine, glycoside à radical alcaloïdique, de la série pyridique, qui existe chez un certain nombre de plantes, semble, d'après diverses observations, servir à la nutrition. Est-elle entièrement assimilée, ou bien la plante n'utilise-t-elle que la molécule de glycose unie à la molécule d'alcaloïde ? »

Molle (2) reprend en 1895 la localisation de la solanine dans les Solanées. Il constate, comme ses prédécesseurs, que les jeunes pousses étiolées sont riches en glucoside, et que la proportion de ce composé diminue au cours du développement jusqu'à disparaître à peu près complètement si les organes restent à l'obscurité ; les points végétatifs seuls en conservent des traces. Si le développement a lieu à la lumière, les points végétatifs conservent de la solanine en quantité notable.

D'une manière générale, les organes jeunes : tiges, tubercules, feuilles, renferment une assez grande quantité de solanine ; ce glucoside diminue au cours du développement. Lorsqu'on coupe un tubercule, les cellules qui se recloisonnent pour développer le liège protecteur et les cellules sous-jacentes deviennent riches en solanine sans que les éléments voisins où l'on avait constaté antérieurement la présence du glucoside paraissent en perdre. L'auteur suppose qu'il y a là, comme dans la germination, formation du glucoside par transformation des matières de réserve au moment où celles-ci doivent être utilisées pour l'édification de tissus nouveaux.

---

(1) G. Clautriau. L'azote dans les capsules de Pavot. (*Bulletin de la Société belge de microscopie*, T. XVIII, p. 80, 1892).

(2) Ph. Molle. Recherches de microchimie comparée sur la localisation des alcaloïdes dans les Solanacées. (*Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, T. LIII, 1895).

En exposant des tubercules à la lumière, l'auteur n'a pas observé, lors du verdissement, de modification sensible dans les réactions dues à la présence de solanine. Ce résultat serait donc conforme à l'opinion de Berchtold et en contradiction avec celle d'Ebermayer.

Dans ses conclusions, Molle fait remarquer que ses résultats relatifs aux alcaloïdes des Solanacées confirment les idées d'Errera, pour qui les alcaloïdes sont des déchets de l'activité protoplasmique, et fait observer que la solanine se localise dans ces plantes comme un véritable alcaloïde.

Meyer (1) a dosé la solanine dans les pousses de Pomme de terre à des stades différents de leur développement. A l'obscurité la teneur en solanine diminue d'une manière très rapide au cours de l'allongement des pousses.

En 1899, Albo (2) publie les résultats de ses recherches microchimiques sur le rôle physiologique de la solanine. L'auteur a suivi, pendant six mois, les variations de ce glucoside dans les graines de diverses Solanées en voie de germination, et dans les tubercules de *Solanum tuberosum* germant.

Les résultats d'une première série d'expériences faites à la lumière sont les suivants :

Dans les graines non germées, la solanine ne se trouve que dans les cotylédons ; il en est de même au début de la germination ; puis, à mesure que les plantules se développent, le glucoside apparait dans le sommet de l'axe hypocotylé et dans la tige. La solanine devient ensuite de moins en moins abondante dans la jeune plante ; elle finit par disparaître complètement des racines et des tiges, il n'en reste que de petites quantités dans les jeunes feuilles et dans les organes à croissance rapide. Enfin, lorsque les plantes sont assez développées et présentent un certain nombre de feuilles adultes, le glucoside augmente, se reformant dans les feuilles et se répandant ensuite dans la tige.

Dans les tubercules de *Solanum tuberosum*, la solanine est surtout localisée dans les couches de phellogène péridermique, et en petite quantité dans le parenchyme central et les faisceaux libéro-ligneux. Lorsque les tubercules germent, le glucoside apparaît en grande quantité dans les jeunes pousses et dans les jeunes racines.

---

(1) Meyer. Ueber den Gehalt der Kartoffeln an Solanin und ueber die Bildung während der Keimung. (*Archiv. f. experim. Pathol. und Pharmakol.*, T. XXXVI, p. 369, 1899).

(2) G. Albo. Sulla funzione fisiologica della solanina. (*Contrib. alla biologica veget.*, T. II, p. 185, 1899).

Une autre série d'expériences a été faite à l'obscurité. Elle a donné les résultats suivants :

Dans la graine, la solanine qui, pendant les premiers stades de la germination, se trouve dans les cotylédons et le bourgeon terminal, diminue peu à peu dans les cotylédons, au centre d'abord, puis sur les bords et à la pointe ; elle disparaît finalement, même du point végétatif, au moment où la plante dépérit et meurt.

Dans les tubercules germant à l'obscurité, les faits constatés sont de même ordre, la solanine émigre des tubercules vers les organes en formation, se localisant surtout dans les parties où la croissance est la plus rapide ; puis, lorsque le tubercule est épuisé, le glucoside disparaît progressivement des divers tissus, et la plante meurt.

Dans une troisième série d'expériences, Albo suit les variations de la solanine dans des germinations de *Solanum* développées dans une atmosphère privée d'anhydride carbonique. Dans ce cas, les plantules présentent de la solanine au début de la germination, puis le glucoside disparaît peu à peu ; finalement la plante meurt, ne renfermant plus de solanine. Si, avant la mort des jeunes plantes développées ainsi dans des conditions telles que l'assimilation est impossible, et privées de solanine, on les transporte à l'air libre et à la lumière, la solanine réapparaît dans les tissus après quelques jours, mais non dans le parenchyme assimilateur des feuilles.

De l'ensemble de ses recherches, Albo conclut que la solanine, contrairement à l'opinion de Boussingault, ne doit pas être considérée comme jouant, chez les végétaux, un rôle semblable à celui de l'asparagine ; la solanine ne semble pas, comme l'asparagine, résulter de la décomposition des substances albuminoïdes, et représenter une forme de transport de ces dernières substances. Pour Albo, la solanine serait une véritable réserve nutritive que la plante fabrique lorsqu'elle se trouve dans des conditions favorables d'assimilation, et qu'elle utilise ensuite comme substance de réserve à la fois sucrée et azotée. Il rappelle, à l'appui de cette manière de voir, les résultats obtenus par Meyer, et dont il a été question plus haut.

En 1900, dans un Mémoire relatif à la nature et à la signification des alcaloïdes, Clautriau (1) critique les conclusions de Meyer et celles d'Albo. Il fait observer que la mise en évidence par Meyer de la disparition progressive de la solanine dans les pousses de Pomme de terre, ne démontre pas que cette substance est utilisée par les tissus ; après avoir constaté qu'elle disparaît, il faudrait indiquer ce qu'elle devient. D'autre part, il pense que les résultats obtenus par Albo par les méthodes microchimiques doivent être contrôlés par des analyses quantitatives ; il reproche aux examens microchimiques d'être faussés par le changement de concentration du composé à rechercher, ce changement de concentration pouvant résulter de la disparition du corps par destruction ou par émigration, mais pouvant provenir aussi de l'augmentation de la teneur en eau des cellules ; les réactions microchimiques sont alors très nettes dans des cellules pauvres en eau, et nulles ou peu visibles dans des cellules riches en eau. Quant à la localisation de la solanine dans les points végétatifs, fait invoqué par Albo en faveur de l'hypothèse d'après laquelle la solanine serait une matière de réserve, Clautriau pense qu'on peut aussi bien l'interpréter d'une manière opposée ; pour cet auteur, l'accumulation de la solanine en ces points ne serait pas due au fait que le glucoside est une substance de réserve qui vient se réunir en des endroits où de jeunes tissus sont en voie de formation, mais s'explique aussi bien si l'on admet que la solanine est une substance de déchet; elle apparaîtrait alors aux points végétatifs comme le résultat de la destruction de substances de réserve.

Sattler (2) a dosé la solanine dans les différents organes du *Solanum Lycopersicum*. Toutes les parties de la plante renferment ce glucoside pendant la durée entière de la période de végétation. Les graines en contiennent de très petites quantités, indosables, localisées dans l'amande. Au début de la germination, la teneur en solanine augmente, le glucoside s'accumule dans l'embryon et en particulier dans les cotylédons. Les plantules âgées de 10 jours renferment 0, 348 de solanine pour 100 gr. de substance sèche. Le glucoside se trouve à son maximum dans les jeunes plantes âgées de 30 jours.

---

(1) G. Clautriau. Nature et signification des alcaloïdes végétaux. *(Ann. de la Soc. royale des Sc. médic. et nat. de Bruxelles,* T. IX, p. 113, 1900).

(2) E. Sattler. Beiträge zur Lebensgeschichte der Tomaten-Pflanze, Tübingen, 1912.

Les feuilles ont leur teneur maximum en solanine après que la maturation des fruits est terminée.

Ce sont les fleurs qui sont les organes les plus riches.

Les fruits non mûrs renferment une proportion notable de glucoside ; ce dernier diminue au cours de la maturation de façon à ne plus exister qu'à l'état de traces dans les graines.

Kochs (1), qui a également dosé la solanine dans les fruits de *Solanum Lycopersicum*, indique des résultats qui sont en contradiction avec ceux de Sattler. Les tomates vertes renfermeraient, pour 1000 de substance fraîche, 0, 404 de solanine, les fruits à moitié mûrs en contiendraient 0, 526, et les fruits mûrs 0, 767. D'après Kochs la solanine s'accumulerait donc au cours de la maturation des fruits de *Solanum Lycopersicum*.

En résumé, deux opinions exactement opposées et déduites d'ailleurs des mêmes faits divisent les auteurs quant au rôle physiologique joué par la solanine dans les plantes, les uns considérant ce glucoside comme un aliment de réserve, les autres comme une substance de déchet.

B. ACTION EXERCÉE PAR LES GLUCOSIDES SUR LES VÉGÉTAUX AUXQUELS ON TENTE DE FAIRE ABSORBER CES COMPOSÉS.

Les travaux entrepris dans cette voie sont en rapport plus directs avec mes propres recherches. Ils sont très peu nombreux, et la plupart ont été effectués dans des conditions telles qu'ils ne permettent pas de tirer des résultats qu'ils ont donnés de déductions relatives à la question qui nous intéresse, c'est-à-dire au rôle joué par les glucosides dans l'organisme des végétaux qui les produisent.

Les premiers renseignements relatifs à l'action exercée par les glucosides sur les végétaux auxquels on tente de faire absorber ces substances sont fournis par les auteurs qui, étudiant l'action sur les plantes des substances qui sont toxiques pour l'homme, ont fait porter leurs recherches, entre autres composés toxiques, sur les glucosides ou leurs produits d'hydrolyse.

---

(1) KOCHS. Solaninbestimmungen in Tomaten *(Ber. Gärtnerlehranstalt, Dahlen für 1913*, p. 78-80, 1914).

Th. Becker (1) conclut de ses expériences relatives à l'action de l'acide cyanhydrique sur les plantes, que ce poison détruit les végétaux en agissant à peu près de la même manière que sur les animaux. Les graines qui ont été immergées dans cet acide perdent la faculté de germer; les plantes délicates exposées à l'action de l'acide cyanhydrique périssent plus vite que les plantes robustes.

Les expériences de F. Marcet (2) portent, entre autres substances toxiques, sur l'acide cyanhydrique et sur l'extrait de Digitale qui contient une partie des glucosides produits par cette plante. L'auteur opère sur le *Phaseolus vulgaris ;* il en arrache des pieds et fait tremper les racines dans la solution dont il étudie la toxicité. Un témoin, dont les racines plongent dans l'eau ordinaire, permet d'établir les comparaisons.

Les pieds de *Phaseolus* dont les racines sont immergées dans l'acide cyanhydrique commencent à souffrir au bout de deux ou trois heures ; ils meurent en douze heures.

Des gouttes d'acide cyanhydrique placées sur des feuilles de Sensitive, ou simplement des vapeurs de ce corps se dégageant au-dessous des feuilles, les font se fermer. Les feuilles se rouvrent après quelques heures mais ne recouvrent leur sensibilité qu'après un temps assez long.

Sur les pieds de *Phaseolus* dont les racines plongent dans une solution d'extrait de Digitale, quelques feuilles commencent à se crisper après peu de temps, et en vingt-quatre heures la plante meurt.

Gœppert (3), à la suite des recherches de Becker, Marcet, Wiegmann, Schneider, se propose d'étudier en détail le mode d'action de l'acide cyanhydrique sur les plantes.

---

(1) Th. BECKER. Dissertatio de acidi hydrocyanici vi perniciosa in plantas; Jena 1823.

Th. BECKER. *(Annals of Philosophy,* 1824).

(2) F. MARCET. De l'action des poisons sur le règne végétal. *(Annales de Chimie et de Physique,* T. XXIX, pp. 200-223, 1825).

(3) H. R. GŒPPERT. Recherches sur l'action de l'acide hydrocyanique et de quelques autres substances sur les plantes (Extrait). *(Annales des Sciences naturelles,* T. XIV, pp. 384-394, 1828).

Il emploie généralement cet acide en solution dans l'eau à la concentration de 1,25 °/₀. Les plantes dont les racines furent plongées dans ce liquide périrent au bout d'un temps plus ou moins considérable, dont le maximum fut de cinq jours pour des pieds de *Senecio vulgaris*, et le minimum de six heures pour de jeunes plantes de *Fumaria capreolata*.

Chez tous les végétaux sur lesquels les expériences ont porté, la tige se décolorait, se contractait, et finissait par se flétrir ; les autres organes mouraient de même. L'action du poison se propageait des parties inférieures vers les parties supérieures ; dans les feuilles, elle se faisait sentir d'abord sur les nervures, ensuite sur le parenchyme.

L'acide cyanhydrique agit non seulement lorsqu'il est absorbé en solution par les racines, mais encore la vapeur en est mortelle pour les parties des plantes qui y sont exposées. L'action de la vapeur d'acide cyanhydrique est tout aussi intense sur les plantes, telles que le Laurier-cerise, l'Amandier, le Pêcher, l'Abricotier, dont les feuilles contiennent naturellement cet acide, que sur les plantes qui n'en produisent pas. Des rameaux vivants de ces plantes productrices d'acide cyanhydrique sont tués lorsqu'on les enferme dans un vase avec des feuilles des mêmes plantes broyées ou des amandes amères triturées.

L'eau d'amandes amères, l'eau de *Prunus Padus*, l'eau de Laurier-cerise exercent également une action toxique.

Bouchardat (1) a étudié l'action toxique de divers composés minéraux et organiques sur les végétaux et sur les animaux. « J'ai été curieux, dit-il de rapprocher l'action de la salicine de celle du sulfate de quinine ; l'expérience m'a prouvé que la salicine n'exerce sur les plantes et sur les poissons qu'une action extrêmement faible. »

L'auteur a également étudié l'influence sur les végétaux de plusieurs substances qu'il considère comme inertes et peu actives : sucre, glucose, lactine, mannite, gomme, albumine, extraits de Gentiane, de *Taraxacum*. A la concentration de 1 pour 1000 ces substances ne produisent aucun effet nuisible appréciable lorsqu'elles sont absorbées par les racines des plantes. Si on porte la concentration successivement à 1 pour 500, 1 pour 100, 1 pour 50, 1 pour 25, 1 pour 10, l'action nuisible est d'autant plus énergique que la solution est plus concentrée. « Toutes ces substances agissent lentement ; les plantes persistent des mois entiers dans des solutions concentrées, mais elles se portent toujours beaucoup mieux dans l'eau pure. »

---

(1) BOUCHARDAT. De l'action qu'exercent sur les végétaux les produits organiques ou inorganiques qui sont des poisons pour les animaux. (*C. R. Ac. Sc*, T. XVII, pp. 112-120, 1843).

Bouchardat (1) constate d'autre part, « que la nature du sol a une influence considérable sur l'action des substances toxiques et autres sur les plantes. La résistance à l'action délétère est d'autant plus grande que la terre est de meilleure qualité. »

En 1891, Ch. Cornevin (2) essaie de déterminer si les toxiques qu'élaborent beaucoup de Phanérogames sont des obstacles à la germination et à la végétation des plantes qui les produisent. L'auteur considère que deux cas principaux peuvent se présenter : « 1° le toxique existe dans la graine, il passe dans le jeune végétal qui en naît et il n'y a jamais d'interruption dans la toxicité de la plante ; 2° il n'existe ni dans la graine, ni dans la jeune plante, il ne se forme que plus tard, lorsque certaines parties qui l'élaborent, telles que les laticifères pour quelques végétaux, se trouvent dans les conditions requises pour cette production, et il se localise. »

Pour déterminer l'action du toxique dans le premier cas, l'auteur étudie l'influence de la saponine sur la germination des graines d'*Agrostemma Githago*, et celle de la cytisine sur la germination des graines de *Cytisus Laburnum*.

La détermination de l'action toxique dans le second cas est faite avec, d'une part la nicotine et les graines de Tabac, d'autre part, l'opium, la narcotine, la codéine, la narcéine et les graines de Pavot.

Les expériences faites sur la saponine et les graines d'*Agrostemma Githago* doivent seules nous retenir, les autres principes immédiats étudiés n'étant pas des glucosides.

Cornevin opérait de deux manières différentes : ou bien les graines étaient semées en terre normale après avoir été immergées dans la solution toxique pendant un temps qui variait de six à quarante-huit heures, ou bien une quantité déterminée de terre, préalablement calcinée et disposée dans une cuvette, était imbibée avec la solution toxique, et les graines étaient ensuite semées dans cette terre. Des graines non traitées semées en terre normale servaient de témoins. Afin d'écarter l'objection que le spermoderme intact empêche la pénétration du toxique dans la graine, Cornevin eut toujours la précaution d'entailler le tégument à l'aide d'un fin scalpel.

---

(1) Bouchardat. De l'influence du sol relativement à l'action des poisons sur les plantes. *(C. R. Ac. Sc.*, T. XXII, p. 674, 1846).

(2) Ch. Cornevin. Action des poisons sur la germination des graines des végétaux dont ils proviennent. *(C. R. Ac. Sc.*, T. CXIII, pp. 274-276, 1891).

« La conclusion qui se dégage de ces expériences est très nette : la saponine n'empêche nullement la germination des graines d'Agrostemme. »

De Toni et Mach (1) ont montré que la solanine, employée en solution à 0,50 °/₀, n'entrave en rien la germination des graines de Tabac.

K. Puriewitsch (2) a fait un assez grand nombre d'expériences en vue d'établir quelle est la valeur nutritive des glucosides pour les Champignons. Les espèces sur lesquelles ont porté les expériences sont l'*Aspergillus niger*, l'*Aspergillus glaucus* et le *Penicillium glaucum*. Les glucosides étudiés sont l'arbutine, l'hespéridine, la salicine, l'hélicine, la coniférine, l'amygdaline, l'esculine et la phloridzine. L'auteur opère suivant deux techniques différentes : ou bien il étudie l'action des solutions de glucosides sur des myréliums déjà développés dans le liquide de Raulin, ou bien il ensemence directement les spores de Champignons sur le liquide de Raulin ; ce milieu est préparé sans sucre ni acide tartrique, il est additionné du glucoside à étudier.

En employant la première technique, Puriewitsch constate que lorsque des mycéliums de Champignons sont placés dans des solutions de glucosides, les glucosides sont dédoublés en un temps qui varie suivant la concentration des solutions, la température à laquelle a lieu la culture et l'état plus ou moins robuste du mycélium. Le sucre mis en liberté dans ce dédoublement est aussitôt utilisé par le mycélium. Le reste de la molécule glucosidique s'accumule dans le milieu de culture jusqu'à ce que la totalité du glucoside soit dédoublée et que le glucose libéré soit absorbé. Pour certains glucosides, ce reste de la molécule demeure indéfiniment sans être modifié par le Champignon ; pour d'autres, il serait à son tour absorbé par le mycélium lorsque ce dernier n'a plus d'aliment hydrocarboné à sa disposition.

---

(1) G. B. De Toni et Mach. Sopra l'influenza esercitata dalla nicotina e dalla solanina sulla germogliazone dei semi di Tabacco. *(Boll. d. r. Istituto d. Università Parmense,* pp. 63-68, 1892-1893).

(2) K. Puriewitsch. Ueber die Spaltung der Glycoside durch die Schimmelpilze. *(Ber. d. d. Botan. Gesellsch.,* T. XVI, pp. 368-377, 1898).

Au cours de la culture d'un mycélium sur les diverses solutions de glucosides employées, Puriewitsch a constaté que le dédoublement du glucoside, l'absorption du sucre et dans certains cas l'absorption du reste de la molécule glucosidique par le Champignon, sont accompagnés d'une augmentation de poids du mycélium. Une seule exception a été notée, c'est le cas de la culture en présence d'hélicine. Quoique le mycélium provoque le dédoublement de ce glucoside, son développement s'arrête et le Champignon ne tarde pas à mourir.

L'amygdaline est dédoublée par les mycéliums étudiés sans qu'il y ait formation d'acide cyanhydrique. Pfeffer (1) avait déjà constaté ce fait en cultivant le *Penicillium glaucum* sur une solution d'amygdaline à 1 °/₀.

Si les solutions de glucosides employées sont additionnées de fortes proportions d'hydrates de carbone (glucose, saccharose ou amidon) les mycéliums assimilent ces derniers sans toucher aux glucosides.

En employant la seconde technique, Puriewitsch a pu constater que le développement des mycéliums à partir de la spore peut avoir lieu en présence des divers glucosides étudiés. Le poids du mycélium obtenu dans ces conditions est d'autant plus grand que le glucoside employé a une plus grosse molécule.

---

(1) PFEFFER. Physiologie végétale : traduction en français par Jean Friedel, T. I, p. 507.

(A suivre.)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Annuaire international de statistique agricole 1907 à 1916. — (Service des abonnements et publications de l'Institut international d'Agriculture, prix 10 francs, Villa Umberto, Rome, Italie).

Ce volume est l'ouvrage de statistique agricole le plus complet qui soit, le résultat de l'enquête la plus étendue et la plus minutieuse qui ait encore été entreprise dans ce domaine.

Ouvrage considérable, puisqu'il comprend plus de 1000 pages in-8°, bourré dans ses 836 tableaux statistiques de tous les renseignements désirables sur les sujets dont il traite.

Le nombre des produits agricoles embrassés est fort élevé; l'étude de la production des régions tropicales ne le cède en rien à celle qui est faite des produits de la zone tempérée. Tour à tour sont donnés tous les chiffres que l'on possède sur la superficie cultivée dans les différents pays, sur la production que l'on a obtenue, sur la quantité récoltée par unité de surface, etc. Bien plus, afin que le lecteur puisse d'un seul coup d'œil apprécier si telle ou telle année, la culture, dans un pays déterminé, s'est étendue ou s'est restreinte, si elle a donné de bons ou mauvais résultats, l'*Annuaire* contient les moyennes quinquennales et décennales des années dont on s'occupe.

Les produits envisagés les premiers sont ceux qui présentent le plus d'importance pour l'alimentation humaine, ceux qui en sont la base et qui nous fournissent notre pain quotidien, les céréales.

Nous voyons que la production mondiale annuelle du froment dépasse un milliard de quintaux, représentant, au prix actuel, plus de 50 milliards de francs; que celle du maïs atteint à peu près le même chiffre avec une valeur de 25 milliards et que pour l'ensemble des 6 céréales principales (froment, seigle, orge, avoine, maïs et riz) la valeur totale n'est pas inférieure à 150 miliards de francs par an.

La production des pommes de terre dépasse un milliard et demi de quintaux, celle des betteraves à sucre est supérieure à un demi-milliard de quintaux. Le monde a chaque année à sa disposition un total de 150 millions de quintaux de sucre de betteraves et de canne, près de 150 millions d'hectolitres de vin, 10 millions de quintaux de café, plus de 8 millions de quintaux de feuilles de tabac, près de 1 million de quintaux de cônes de houblon. Les industries textiles consomment annuellement près de 50 millions de quintaux de coton, 8 millions de filasse de lin, 7 millions de filasse de chanvre, tandis que les éleveurs de vers à soie d'Europe et d'Asie livrent chaque année au commerce plus de 200 millions de kilogrammes de cocons. Pour ce qui est des matières grasses d'origine végétale, les dis ponibilités mondiales se présentent chaque année de la façon suivante : 30 millions de quintaux d'olives, autant de graines de lin, 4 millions de quintaux de graines de chanvre, 5 millions de quintaux de graines de colza.

Passons maintenant à la production animale. L'*Annuaire* donne, pour chacune des dix années envisagées, l'effectif du troupeau (chevalins, asins, bovins, ovins, porcins, etc.) dans 82 pays pris un à un, puis calcule quel a été le nombre des animaux par 1000 habitants au début et à la fin de la période considérée. Les constatations résultant de ces calculs sont du plus haut intérêt. On voit par exemple qu'en Uruguay il y a près de 8 bovins pour chaque habitant, en Argentine plus de 4, en Australie plus de 2 et dans l'ensemble de l'Amérique du Sud 2 environ, tandis qu'aux Etats-Unis et au Canada il n'y en a qu'un par habitant et qu'en Europe il n'y en a qu'un pour deux habitants.

Après avoir donné dans de nombreux tableaux, relatifs aux mêmes produits que ceux de la partie de production, les chiffres des importations et des exportations, en tenant compte pour chaque pays de la provenance et de la destination, l'*Annuaire* envisage la consommation des céréales dans les différents pays.

On y remarque notamment que la consommation du froment par tête d'habitant est très forte en Australie, au Canada, en France, en Argentine, etc., tandis qu'elle est très faible au Japon, dans l'Inde, en Egypte, en Suède, etc., les habitants de ces derniers pays consommant surtout du riz, du maïs, du seigle ou d'autres denrées.

Les prix des produits principaux, traités en disponible, à livrer ou à terme sont considérés dans un chapitre spécial, où le lecteur trouvera tous les éléments nécessaires pour étudier minutieusement les variations considérables qui se sont produites ces dernières années, puisque les prix donnés pour les produits les plus importants sont même hebdomadaires. Le chapitre des prix comprend aussi les cours des frets maritimes et du change.

Vient ensuite un chapitre réservé aux engrais et produits chimiques utiles à l'agriculture, dans lequel sont envisagés la production, le commerce, la consommation et les prix des engrais phosphatés, potassiques, azotés, du soufre et du sulfate de cuivre. Ce sont là des matières qui donnent lieu à un mouvement commercial très important et très intense, bon nombre d'entre elles ne se trouvant que dans quelques points bien déterminés du globe et exigeant pour leur transport aux lieux de consommation de véritables flottes. Tel est le cas par exemple des phosphates naturels et du nitrate de soude.

A la fin de l'Annuaire se trouve un chapitre spécial, grâce auquel le lecteur saura d'où proviennent les données publiées et pourra, s'il le désire, remonter aux sources et vérifier les calculs.

Cet ouvrage capital est indispensable à tout homme qui entreprend une étude ayant un rapport quelconque avec l'agriculture ou le commerce des produits agricoles. Il a sa place marquée sur le bureau de l'économiste, de l'agronome, du commerçant, de l'industriel, de l'homme politique, de tous ceux enfin qui s'intéressent au développement de la richesse des peuples.

WINGE O. — **The chromosomes. Their numbers and general importance.** (Les chromosomes, leur nombre et leur rôle général). *(C. R. Laborat. Carlsberg*, 13e vol., 2e livraison, 1917, pp. 131 à 275).

Dans cet important mémoire, l'auteur compare des résultats dûs à d'autres observateurs, développe des vues théoriques très intéressantes sur le rôle des chromosomes et indique un nombre considérable de faits nouveaux observés par lui. Voici ses conclusions principales :

Plus un organisme est évolué, plus le noyau s'individualise. Dans des formes très inférieures comme, par exemple, les Plasmodiophorées et l'*Enthorriza,* la chromatine n'est pas nécessairement liée au noyau ; dans l'*Enthorriza,* il y a des chromosomes nettement extra-nucléaires.

Dans la plupart des cas étudiés, le nombre des chromosomes est réductible aux facteurs premiers 2 et 3 ; 5 et 7 sont beaucoup plus rares.

Chez les Chénopodiacées, les nombres sont 6, 9 ou 18, nombres qui rentrent dans la formule $x = 3n \quad (n \geq 2)$.

Dans les Composées, on peut distinguer des sous-groupes ayant chacun une formule constante des chromosomes. Pour les Hélianthées, la formule est $x = 8n$; pour les Anthémidées $x = 9n$, n étant le nombre des chromosomes.

La présence d'un nombre de chromosomes double ou multiple du nombre normal indique généralement une hybridation, les chromosomes paternels et maternels s'ajoutant sans pouvoir s'aparier. Si l'œuf se développe, il y a probablement fusion ultérieure des chromosomes. Dans le *Callitriche verna,* la division des cellules-mères de grains de pollen donne des hétérochromosomes analogues à ceux qui ont été trouvés chez des animaux.

La panachure des feuilles de l'*Humulus Japonicus* var. *albomaculata* ne se transmet que par hérédité maternelle ; Winge pense que cette propriété héréditaire aurait son siège dans le cytoplasma et non dans les chromosomes, les propriétés transmissibles indifféremment par hérédité paternelle ou maternelle ayant plutôt leur siège dans les chromosomes.

Jean FRIEDEL

BLAS LAZARO E IBIZA. — **Los Poliporaceos de la Flora espanola** (Les Polyporées de la Flore espagnole) (Madrid, Imprenta Renacimiento, 42, San Marcos, 1917).

Cette étude constitue une importante et précieuse contribution à la Flore cryptogamique de l'Espagne.

Après une partie générale où est décrite, avec précision et détails, la fructification des Polyporées, tant dans sa forme générale que dans la partie fructifère proprement dite, tubes et pores, l'auteur entre dans la description détaillée des espèces. Au début il expose comment il comprend la division de la famille en tribus. Il admet sept tribus : *Phynoporées,* *Tramétidées, Fomidées, Polystichées, Cladoméridées, Polyporées, Bolétées.*

Il fonde cette division sur la forme extérieure de la fructification. Ce critérium nous semble un peu superficiel. Qu'on se serve de caractères très apparents, faciles à voir, pour faire une détermination de plantes, très bien ; mais ces caractères ne sont pas toujours les plus importants au point de vue des affinités naturelles qu'une Flore doit s'attacher à faire ressortir.

Ainsi la septième tribu, celle des Bolétées, comprend toutes les Polyporées à *pied central.* On rapproche de cette façon les vrais Bolets et les Polypores tels que *P. arcularius, perennis.* Or les Polypores à pied central sont très différents comme structure générale, mode de développement, etc., des Bolets. Ce rapprochement nous semble donc un peu artificiel.

Quoi qu'il en soit, les descriptions spécifiques sont très détaillées et faites avec beaucoup de soin. L'indication des figures connues de chaque espèce est une donnée précieuse ; nous en dirons autant de l'aire de répartition de ces espèces, donnée des plus importantes au point de vue de la géographie botanique.

L'auteur a cru devoir créer quelques genres nouveaux aux dépens de l'ancien genre *Polyporus* de Fries.

Ce genre, en effet, contient des types de formes assez différentes pour mériter d'être démembré, au même titre que l'ancien genre *Agaricus.* Il l'a, d'ailleurs, déjà été ; mais les divers mycologues qui se sont occupés de la question, MM. Patouillard, Quelet, Karsten, en particulier, ont été guidés, pour pratiquer leurs divisions, par des idées fort différentes les unes des autres, de sorte qu'il y a de grandes discordances entre les opinions des divers auteurs. Le travail que nous analysons crée une classification de plus, et l'on peut dire que la question mérite encore de nouvelles études. Mais notons un point particulier.

L'auteur a fait un genre « *Boudiera* ». Or ce nom est déjà employé pour désigner un genre d'Ascomycètes du groupe des Ascobolées. Nous exprimons donc le désir que le nom soit légèrement modifié pour lui conserver son caractère d'hommage rendu à l'éminent mycologue français, hommage dont il y a lieu de remercier le parrain.

Il est vraisemblable que la Flore d'Espagne réserve encore bien des découvertes intéressantes, si l'on pense que dans son travail, l'auteur décrit environ cinquante espèces nouvelles. Quatorze d'entre elles sont figurées et constituent de très belles planches qui ne sont pas le moindre mérite de l'ouvrage que nous analysons, ouvrage dont nous tenons à souligner les mérites : précision des descriptions et de la documentation iconographique, et contribution à la connaissance de la famille des Polyporées par la découverte de beaucoup de formes nouvelles. Léon Dufour

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

SUR LA SIGNIFICATION DU CHONDRIOME

par M. A. GUILLIERMOND

La question de la nature et de la signification du chondriome offre un intérêt capital au point de vue de la physiologie cellulaire et l'on comprend que l'attention de la plupart des cytologistes soit dirigée vers elle et qu'elle ait suscité récemment un nombre considérable de recherches. Malheureusement, ces recherches sont loin de la résoudre ; car les opinions les plus contradictoires se font jour, si bien que la question devient de plus en plus obscure.

Certains auteurs comme Arthur Meyer (1) tendent à faire des mitochondries une nouvelle catégorie de produits de réserve. D'autres (2 et 3) admettent ou semblent insinuer que les mitochondries représentent des bactéries vivant en symbiose dans la cellule. On a vu Eriksson (4) chercher dans le chondriome une base morphologique pour sa théorie du mycoplasme. Enfin à la suite de récentes recherches, M. Dangeard (5) vient de formuler une nouvelle théorie qui consiste à séparer les mitochondries des plastides et à considérer le chondriome comme se rattachant au système vacuolaire de la cellule. Selon cette théorie, les mitochondries représenteraient de jeunes vacuoles remplies d'un contenu colorable doué de propriétés osmotiques et électives, que M. Dangeard aurait retrouvé dans les vacuoles de tous les végétaux.

Ce n'est pas sans un certain étonnement que nous constatons la résistance que l'on oppose aux résultats décisifs que nous (6) avons apportés par les recherches que nous poursuivons depuis 1911 sur la question, à la suite de ceux de Pensa (2) et Lewitsky (3). Nous croyons cependant avoir rigoureusement démontré que les mitochondries découvertes dans la cellule animale correspondent aux plastides ou leucites depuis longtemps connus dans la cellule végétale, mais dont on ne connaissait qu'imparfaitement les formes parce que l'on n'avait pas trouvé jusqu'ici une méthode capable de les différencier sur coupes fixées : il en résulte que les plastides ont une généralité et un rôle physiologique beaucoup plus étendus qu'on ne le pensait jusqu'ici.

---

(1) A. Meyer. *(Ber. deutsch. Bot. Ges.,* 1916).

(2) Galippe. Parasitisme des graines toxiques ou riches en huiles essentielles *(C. R. Ac. Sc.,* 1917).

(3) Portier. Rôle physiologique des symbiotes *(C. R. Ac. Sc.,* 1917).

(4) Eriksson. Développement primaire du Mildiou *(Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre. *(Rev. gén. Bot.,* 1917).

(5) Dangeard. Sur la nature et le rôle du chondriome *(C. R. Ac. Sc.,* 1918).

(6) A. Guilliermond. Recherches sur l'origine des amylo-chloro-et chromoplastes

Nous pensons qu'il ne sera pas inutile de préciser ici les résultats de nos recherches, et montrer que notre opinion sur la nature et la signification du chondriome est fondée sur des faits très solides.

Les figures de la planche 1 fixées et colorées par une technique spéciale dont nous parlerons plus loin montrent diverses cellules animales. On y voit partout dans un cytoplasme d'apparence homogène des éléments bactériformes, électivement colorés par l'hématoxyline ferrique, et qui ressortent si distinctement au milieu du cytoplasme coloré en gris qu'on a l'illusion qu'il s'agit de bactéries. Ces éléments dont l'ensemble constitue le *chondriome* de la cellule affectent la forme de grains *(mitochondries granuleuses)*, de bâtonnets courts et surtout de filaments minces, allongés et onduleux *(chondriocontes)*. Nous avons figuré dans la planche 2 diverses cellules d'un méristème de racine de Ricin. On trouve dans ces cellules un cytoplasme rappelant tout à fait celui des cellules précédentes avec un chondriome constitué également par des mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et surtout des chondriocontes allongés et onduleux. Il est facile de se rendre compte par l'examen des figures de ces deux planches de l'identité de leur chondriome. Les figures A, B, C, D de la planche 3 qui représentent le chondriome de l'asque

---

et sur le mode de formation de l'amidon. Contribution à l'étude des mitochondries de la cellule végétale *(Archives d'Anatomie microscopique*, 1912).

Recherches sur le chondriome des Champignons et des Algues. Troisième contribution à l'étude des mitochondries. *(Rev. gén. Bot.*, 1915).

(2) Pensa. Osservazioni di morfologica e biologica cellulare nei vegetali. (Mitochondri, cloroplasti). *(Arch. f. Zellsforschung*, 1912).

(3) Lewitsky. Ueber die chondriosomen in pflanzlichen. *(Zellen Ber. d. D. Bot. Ges.*, 1911).

de *Pustularia vesiculosa* et du mycélium de *Rhizopus nigricans*, montrent que le chondriome existe dans tous les végétaux et se trouve dans les Champignons avec le même caractère que dans les végétaux supérieurs.

Nous allons voir que dans la cellule animale et dans la cellule végétale, le chondriome a une origine semblable et évolue de la même manière. On trouve le chondriome aussi bien dans l'œuf d'un animal que dans celui d'un végétal (fig. E et F de la planche 3). Les éléments du chondriome, ou *mitochondries*, ou *chondriosomes*, sont des éléments constitutifs de la cellule et il ne paraît pas y avoir de cellule sans chondriome. Ces éléments sont incapables de naître autrement que par division des mitochondries préexistantes ; ils se multiplient comme dans le noyau et l'on a souvent observé dans la cellule animale comme dans la cellule végétale des figures de partage de mitochondries granuleuses (fig. A et B de la planche 4). Pendant la mitose, les mitochondries se groupent aux deux pôles de la cellule de manière à se répartir en nombre à peu près égal entre les deux cellules-filles (fig. C, D, E de la planche 4).

Une question se pose maintenant : Ces éléments obtenus par des méthodes assez compliquées, correspondent-ils à des organites réels du cytoplasme ou sont-ils les résultats de l'action des fixateurs sur le cytoplasme. Le seul moyen de s'en assurer est de chercher à les retrouver dans la cellule vivante. Malheureusement, la cellule animale est peu favorable à l'étude vitale du chondriome ; cependant des recherches ont été faites dans certains cas par Fauré-Fremiet (1), J. Renaut (2), Laguesse et Debeyre (3), Romieu (4), R. et H. Lewis (5). La cellule végétale se prête plus facilement à cette étude et nous (6) avons eu la chance de rencontrer dans les cellules épidermiques des pétales de Tulipe et des feuilles et pétales d'*Iris germanica* (1) des cellules qui montrent avec une remarquable netteté leur chondriome et constituent le plus précieux objet d'étude que l'on connaisse pour l'observation vitale des mitochondries (Pl. 5). Examinons une cellule de l'épiderme d'un pétale d'une variété blanche de Tulipe (fig. 1 et 2 de la planche 5). Le cytoplasme est réduit à une mince couche pariétale entourant une énorme vacuole et se trouve relié au noyau qui occupe l'un des côtés de la cellule par de minces trabécules. Il offre une apparence homogène et très hyaline ; il est rempli de mitochondries : ce sont des mitochondries granuleuses, de courts bâtonnets et surtout des chondriocontes allongés et flexueux, parfois ramifiés, qui souvent sont entraînés en se déformant par les courants cytoplasmiques.

---

(1) Voir à ce sujet : Duesberg. Plastomosomen « Apparato reticulare interno » und Chromidialapparat. *(Anatomische Hefte*, 1912).

Fauré-Frémiet. Etude sur les mitochondries des Protozoaires et des cellules sexuelles. *(Archives d'Anatomie microscopique*, 1911).

(2) J. Renaut. Mitochondries des cellules globuleuses du cartilage hyalin des Mammifères. *(C. R. Ac. Sc.*, 1911).

(3) Laguesse. Méthode de coloration vitale des chondriosomes par le vert Janus. *(C. R. Société de Biologie*, 1912).

Laguesse et Debeyre. Sur les formes des chondriosomes dans quelques glandes salivaires par le vert Janus. *(C. R. Société de Biologie*, 1912).

(4) Romieu. Sur les mouvements intracytoplasmiques des mitochondries. *(C. R. Société de Biologie*, 1911).

(5) R. et H. Lewis. Mitochondria in tissue culture. *(The American Journal of Anatomy*, 1915).

(6) A. Guilliermond. Etude vitale du chondriome des cellules épidermiques de

Ceci est donc la démonstration la plus sûre que l'on puisse

---

la fleur d'*Iris germanica* et sur son évolution en leuco- et chromoplastes. *(C. R. Société de Biologie*, 1913).

Nouvelles observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica*. I. Elaboration d'amidon et de xanthophylle au sein des chondriocontes. *(C. R. Société de Biologie*, 1915).

Nouvelles observations vitales sur le chondriome des cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica*. II. Production des globules graisseux au sein des chondriocontes et des plastes. Fixation du chondriome. *(C. R. Société de Biologie*, 1915).

Observation vitale sur le chondriome des cellules épidermiques des pétales de Tulipe. *(C. R. Ac. Sc.*, 1917).

Sur les caractères et les altérations du chondriome des cellules épidermiques des pétales de Tulipe. *(C. R. Ac. Sc.*, 1917).

Recherches sur l'origine des chromoplastes et le mode de formation des pigments xantophylliens et carotiniens. *(C. R. Ac. Sc.*, 1917).

Contribution à l'étude de la fixation du cytoplasme. *(C. R. Ac. Sc.*, 1917).

Nouvelles recherches vitales sur le chondriome des cellules épidermiques des fleurs. *(C. R. Société de Biologie*, 1917).

Sur les processus de dégénérescence des mitochondries dans les cellules épidermiques de la fleur d'*Iris germanica* pendant la fanaison. *(C. R. Société de Biologie*, 1917).

Sur la nature et la signification du chondriome. *(C. R. Société de Biologie*, 1917).

Sur la plasmolyse des cellules épidermiques de la feuille d'*Iris germanica*. *(C. R. Ac. Sc.*, 1918).

(1) D'autres observations vitales sur le chondriome de la cellule végétale ont été faites également par Lewitsky [Die chloroplastenomlager in lebenden und fixierten zellen von *Elodea canadensis*. *(Ber. d. D. Bot. Ges.*, 1912). Die vergleichende Unters. über die chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzellen. (*Ber. d. D. Bot. Ges.*, 1912)]

et par Maximow [Sur les chondriosomes dans les cellules vivantes des plantes. *(Anat. Anzeiger*, 1912)] mais sur des cellules beaucoup moins favorables.

fournir de la réalité du chondriome obtenu par une technique spéciale. Nous plaçons en regard de la figure 2, une cellule fixée et colorée par la méthode mitochondriale (fig. 3). Il est facile de se rendre compte que les mitochondries n'ont subi pendant la fixation aucune déformation. Nous plaçons enfin à côté de la figure 2, qui représente la cellule vivante d'un pétale de Tulipe, les cellules d'un embryon d'animal (fig. 5) également observé sur le vivant par R. et H. Lewis qui permet de se rendre compte de l'identité du chondriome dans la cellule animale et dans la cellule végétale.

L'étude des caractères physiologiques du chondriome et de l'action des fixateurs sur les mitochondries de la cellule animale a été entreprise également par Fauré-Fremiet et R. et H. Lewis ; mais les cellules animales se prêtent fort mal à ces recherches. L'étude vitale du chondriome dans les fleurs de Tulipe et d'Iris nous ont permis de reprendre d'une manière beaucoup plus précise ces recherches et de confirmer les résultats de ces auteurs sur les cellules végétales. Cette étude nous a montré que les mitochondries sont, avec le cytoplasme, les éléments les plus fragiles de la cellule; elles sont extrêmement sensibles aux influences osmotiques qui déterminent leur altération immédiate et peuvent prêter à de graves erreurs d'interprétation. En milieu hypotonique, les mitochondries se transforment en grosses vésicules aqueuses, les chondriocontes eux-mêmes se segmentent en grains qui ensuite se transforment également en vésicules (Pl. 6, fig. 4 à 7). On peut obtenir par tâtonnement un milieu isotonique qui évite en grande partie les altérations et permettent des observations de longue durée. Les recherches de Fauré-Fremiet et de R. et H. Lewis ont montré également que le chondriome de la cellule animale est sujet à des altérations dues au milieu hypotonique et qui se traduisent par le gonflement des mitochondries et leur transformation en vésicules (Pl. 6, fig. 1 à 3).

Les recherches des mêmes auteurs et celles de Laguesse et Debeyre, de J. Renaut ont montré que certains colorants vitaux (vert Janus, violet Dahlia, violet de méthyle 5 B) permettent de colorer le chondriome. Nos observations sur les fleurs de Tulipe et d'Iris nous ont conduit aux mêmes résultats. Seulement le chondriome étant un des éléments les plus vivants de la cellule, cette coloration est fort difficile à obtenir, et cela aussi bien dans la cellule animale que dans la cellule végétale ; elle ne se produit que dans les cellules en souffrance, dans les périodes qui précèdent la mort. Elle est toujours diffuse et il est rare qu'elle ne soit accompagnée d'une altération des mitochondries.

Les recherches des divers auteurs, entre autres Fauré-Fremiet et Regaud, ont établi que les fixateurs renfermant de l'acide acétique ou de l'alcool dissolvent les mitochondries qui paraissent être constituées par des lipo-protéides. Les cellules épidermiques des pétales de Tulipe permettent d'entreprendre une étude plus précise des caractères histo-chimiques des mitochondries et de constater la complète concordance de ces caractères avec ceux observés par Fauré-Fremiet et Regaud dans la cellule animale. Elles permettent d'observer sur des cellules vivantes sous le microscope l'action des fixateurs. Par cette étude il est facile de démontrer, comme Fauré-Fremiet et Regaud l'ont établi pour la cellule animale, que les fixateurs ordinairement employés en cytologie et qui renferment de l'alcool ou de l'acide acétique altèrent profondément le cytoplasme de la cellule végétale ; elles dissolvent partiellement le chondriome et déterminent la production d'une structure artificielle granulo-alvéolaire du cytoplasme. Seuls les fixateurs chromo-osmiques ou le formol (méthodes mitochondriales imaginées en cytologie animale par Benda et Regaud pour la différenciation des mitochondries) fixent le cytoplasme dans la forme qu'il possédait sur le vivant et permettent d'obtenir une conservation aussi fidèle que possible des mitochondries. C'est ce qui explique que le chondriome ait passé si longtemps inaperçu ; les fixations employées jusqu'ici conservaient seulement le noyau, et ont permis de faire de très beaux travaux sur cet organe, mais ils bouleversaient entièrement le cytoplasme. Seule la cellule végétale qui se prête plus facilement aux études vitales avait permis de mettre en évidence d'une manière plus ou moins imparfaite les plastides qui, nous le verrons plus loin, ne sont autre chose que des mitochondries.

Tout ceci démontre donc qu'il y a concordance complète, non seulement au point de vue morphologique, mais au point de vue des caractères vitaux et des caractères histo-chimiques, entre les mitochondries de la cellule animale et celles de la cellule végétale.

Ceci posé, il nous reste maintenant à observer les destinées du chondriome pendant le développement des cellules et à examiner la question du rôle des mitochondries.

Pour cela, observons les cellules animales qui ont permis à Regaud (1) de démontrer pour la première fois le rôle élaborateur des mitochondries, les cellules de l'acinus de la glande sous-maxillaire de l'Homme (Pl. 6, fig. 8 et 9). Le chondriome se présente dans ces cellules sous sa forme ordinaire : les chondriocontes allongés et onduleux (C) dominent et sont groupés autour du noyau. En suivant l'évolution de ces éléments, pendant le fonctionnement de la glande, on peut voir qu'ils forment sur leur trajet de petits renflements (P), ces renflements finissent par se séparer des parties effilées du chondrioconte et apparaissent dans le cytoplasme sous forme de petits grains qui représentent ce qu'en cytologie animale, on a désigné sous le nom de *plastes* ou *chondrioplastes*, c'est-à-dire des éléments mitochondriaux différenciés aux dépens desquels s'effectue l'élaboration d'un produit de sécrétion.

Prenons maintenant les cellules du méristème d'une feuille d'Orge (Pl. 7). Dans les régions les plus jeunes, nous observons dans ces cellules un chondriome constitué en grande partie par des chondriocontes allongés ; en suivant la différenciation de ces cellules en cellules parenchymateuses, on voit que les chondriocontes produisent sur leurs trajets de petits renflements qui se séparent par résorption des parties effilées du chondrioconte générateur, puis grossissent et constituent des chloroplastes qui apparaissent ainsi comme des mitochondries différenciées analogues aux chondrioplastes de la cellule animale.

Revenons maintenant à la cellule animale et examinons la cellule adipeuse d'un Lapin. En suivant son développement, Dubreuil (2) a observé la formation sur le trajet des chondriocontes de petites vésicules (Pl. 8, fig. 2, *vg*) constituées par une partie incolore entourée d'une paroi mitochondriale. Les recherches de Dubreuil ont montré que ces vésicules ont des aspects déterminés par l'apparition au sein des chondriocontes d'un petit globule graisseux que les méthodes mitochondriales ne colorent pas. Ces vésicules se séparent ensuite des chondriocontes et grossissent peu à peu, par suite de la croissance dans leur intérieur du globule graisseux, qui reste entouré d'une mince écorce mitochondriale. Puis, lorsque le globule graisseux est parvenu à maturité, cette écorce disparaît (fig. 2 à 4, *gg)* et l'on observe dans les cellules d'énormes masses graisseuses qui résultent de la fusion des globules graisseux plus petits formés au sein des chondriocontes. Les mêmes phénomènes ont été observés par Nicolas, Regaud et Favre (1) dans les glandes sébacées de l'Homme (fig. B). Nous avons représenté dans la planche 10 les figures 1 à 3 empruntées à d'autres auteurs qui montrent la formation de grains de sécrétion de natures diverses par un processus analogue.

---

(1) Regaud et Mawas. Sur la structure du protoplasma (ergastoplasme, mitochondries, grains de ségrégation, dans les cellules séro-zymogènes des *acini* et dans les cellules des canaux excréteurs de quelques glandes salivaires des Mammifères. (*Association des Anatomistes*, 1909).

(2) Dubreuil. Le chondriome et le dispositif de l'activité sécrétoire aux différents stades du développement des éléments cellulaires de la lignée connective, descendants du lymphocyte. (*Archives d'Anatomie microscopique*, 1914).

Reprenons l'étude de la cellule du méristème de la racine de Ricin. En observant les régions les plus jeunes de ce méristème (Pl. 9), nous verrons se former au sein des chondriocontes, qui ont une tendance à se grouper autour du noyau, de petites vésicules absolument identiques à celles décrites par Dubreuil ; seulement ici ces vésicules sont constituées par un grain d'amidon. En traitant par l'iodo-iodure une préparation fixée et colorée par les méthodes mitochondriales, il est possible d'obtenir la réaction de l'amidon dans la partie incolore de la vésicule. D'ailleurs des colorations combinées à la fuchsine acide et au bleu de toluidine permettent de colorer en bleu les grains d'amidon au sein des chondriocontes teints en rouge. La vésicule grossit ensuite peu à peu, la partie effilée des chondriocontes se résorbe, puis lorsque le grain a achevé sa croissance, son écorce mitochondriale cesse d'être visible.

Mais ici la démonstration du rôle de la mitochondrie dans l'élaboration est encore plus précise que dans la cellule animale, car elle peut être suivie sur le vivant, on obtient ainsi la preuve cruciale. Les cellules que nous venons d'observer sont peu favorables à cette étude, mais les cellules épidermiques de la feuille d'*Iris* permettent d'observer sur le vivant la formation de l'amidon sur le trajet des chondriocontes (Pl. 10, fig. 4 à 6), et l'on peut obtenir la réaction de l'amidon avec le réactif iodo-ioduré sans altérer les chondriocontes.

Un dernier exemple va confirmer notre opinion sur l'identité des mitochondries et des plastes, c'est celui de la formation des pigments. Les travaux de divers auteurs [Policard (1), Mulon (2), Asvadourova (3), Prenant (4) et Luna (5)] ont montré que les pigments de la cellule animale sont presque toujours élaborés par les mitochondries, et ont comme substratum les éléments du chondriome.

---

(1) I. Nicolas, Regaud et M. Favre. Sur les mitochondries des glandes sébacées de l'homme et sur la signification générale de ces organites du protoplasma. (*Association des Anatomistes*, 1912).

Examinons avec Luna la cellule de l'épithélium pigmentaire de la rétine d'une larve de *Bufo* (Pl. 11, fig. 1-3). Au début on y voit un chondriome constitué surtout par des chondriocontes teintés en noir par l'hématoxyline (fig. 1), ensuite on assiste à une transformation de ces éléments qui tout en conservant leurs formes perdent peu à peu leur colorabilité par l'hématoxyline par suite de leur imprégnation par le pigment (fig. 2). C'est exactement ce que nous avons décrit dans les cellules des pétales de la variété jaune de la Tulipe où l'on peut assister sur le vivant à la formation du pigment xanthophyllien dans les chondriocontes (Pl. 11, fig. 4 et 5). Ces chondriocontes avaient été décrit par W. Schimper comme des chromoplastes (Pl. 11, fig. 6).

D'autres auteurs, Mulon et Policard, ont observé dans la cellule animale des pigments qui cristallisent dans les chondriocontes qui les ont élaborés ou dans des plastes issus de mitochondries granuleuses (Pl. 12, fig. A et D). La cristallisation de ces pigments est tout à fait semblable à celle qui a été observée par W. Schimper, A. Meyer et Courchet pour les pigments carotiniens ou xanthophylliens dans les chromoplastides des fleurs et des fruits. Les figures de Policard et Mulon sont absolument superposables à celles de ces auteurs.

Le rôle élaborateur n'est pas seulement le propre des chondriocontes. Les mitochondries granuleuses elles aussi sont capables d'élaborer. C'est ainsi que dans la cellule adipeuse, Dubreuil a montré que la graisse peut être élaborée non seulement au sein des chondriocontes, mais aussi dans des mitochondries granuleuses (Pl. 8, fig. 5, *a)*. Un exemple emprunté aux recherches de Loyez (1) nous montre l'élaboration des graisses phosphorées, les sphérules vitellines, au sein des mitochondries granuleuses dans les œufs d'Ascidies (Pl. 13, A). Ces mitochondries *(m)* se transforment en vésicules *(vg)* dont la partie incolore est constituée par la sphérule vitelline qui ne se colore plus comme les mitochondries, mais qu'on peut différencier par des colorants spéciaux, et dont l'écorce colorée conserve les caractères de la substance mitochondriale. Ces sphérules vitellines s'accroissent peu à peu tout en conservant leur écorce mitochondriale jusqu'au moment où elles sont parvenues à maturité.

---

(1) Policard. Rôle du chondriome dans la formation des cristaux intracellulaires de la cellule hépatique. *(C. R. Société de Biologie*, 1912).

(2) Mulon. Modes de formation de pigment coloré dans la corticale surrénale. *(C. R. Société de Biologie*, 1912).

(3) Asvadourova. Recherches sur la formation de quelques cellules pigmentaires et des pigments. *(Archives d'Anatomie microscopique*, 1913).

(4) Prenant. Sur l'origine mitochondriale des grains de pigment. *(C. R. Société de Biologie*, 1913).

(5) Luna. Ricerche sulla biologia dei chondriosomi. Chondriosomi e pigmento retinico. *(Arch. f. Zellsforschung*, 1914).

La formation de l'amidon dans les tubercules de Pomme de terre (Pl. 13, B) nous offre un exemple analogue. Ici le chondriome est exclusivement constitué par des mitochondries granuleuses *(m)* prenant comme dans le cas précédent l'aspect de vésicules *(va)* déterminées par l'apparition en leur sein de grains d'amidon que les méthodes mitochondriales laissent incolores. Les mitochondries granuleuses qui donnent naissance à cet amidon ont été décrites par W. Schimper comme des amyloplastes. Seulement elles sont fort difficiles à distinguer sur le vivant, ce qui explique que les moyens de les colorer n'étant pas connus jusqu'ici, Belzung n'ait pu vérifier les observations de W. Schimper.

Ces quelques exemples empruntés à la fois à la cellule animale et à la cellule végétale sont plus que suffisants nous semble-t-il pour entraîner la conviction : ils démontrent que les plastides ou leucites depuis longtemps connus dans la cellule végétale ne sont autre chose que des formations mitochondriales.

Il n'est pas douteux que cette assimilation a une très grande importance, car non seulement elle éclaircit la question du rôle des mitochondries de la cellule animale, mais elle précise également nombre de points restés obscurs relatifs à l'évolution des plastides de la cellule végétale.

Elle apporte un argument décisif en faveur du rôle élaborateur encore discuté des mitochondries observé dans la cellule animale, puisqu'elle démontre que ce sont des formations analogues aux plastides de la cellule végétale dont le rôle est aujourd'hui universellement admis.

---

(1) Mlle Loyez. Les premiers stades de la vitellogenèse chez les Tuniciers. (*C. R. Association des Anatomistes*, 1909).

D'autre part, elle jette une grande lumière sur la question très obscure encore de l'origine des plastides et du mode de formation de l'amidon dans la cellule végétale. En réalité l'origine des plastides était restée fort obscure. W. Schimper a admis, en se fondant sur ce que l'on observe chez les Algues, que les chloro-, amylo- et chromoplastes sont des organites de même nature, susceptibles de se transformer de l'un dans l'autre et incapables de naître autrement que par division de plastides préexistants. Ils résulteraient tous de la différenciation de petits leucoplastes indifférenciés que l'on peut mettre en évidence parfois dans l'œuf et les tissus embryonnaires. Mais cette origine n'a pas été démontrée et est restée fort discutée. D'autre part le rôle des amyloplastes dans l'élaboration de l'amidon n'apparaissait pas toujours très clairement et nombreux étaient les cas où l'on constatait la production de grains d'amidon sans qu'il soit possible de mettre en évidence les amyloplastes générateurs. C'est ce qui explique que ce rôle a été fort discuté depuis trente ans et que divers auteurs, entre autres Belzung, aient pu nier l'existence générale des amyloplastes et admettre que l'amidon se forme parfois directement au sein du cytoplasme.

Ces questions ne pouvaient être résolues que par la découverte d'une méthode de fixation et de coloration permettant la différenciation des plastides (1). Or cette méthode est restée inconnue jusqu'à nos jours et l'on devait se borner à l'étude vitale souvent difficile et insuffisante de ces éléments. Les méthodes de fixations employées jusqu'à nos jours conservaient fort bien le noyau, mais altéraient le chondriome et ne permettaient pas l'étude du cytoplasme. L'introduction dans la technique histologique des méthodes mitochondriales réalise donc un très grand progrès en permettant la conservation du cytoplasme et de ses éléments constitutifs. Grâce à ces méthodes, il est possible de suivre de la manière la plus précise l'origine des plastides de la cellule végétale.

L'assimilation des plastides aux mitochondries élargit donc la conception de W. Schimper et démontre que les plastides mis en lumière par cet auteur sont des organites d'un caractère beaucoup plus général qu'on ne le pensait jusqu'ici. Ils appartiennent à la grande famille des mitochondries, ils apparaissent désormais comme les formes les plus visibles et les plus différenciées d'organites constitutifs du cytoplasme, les mitochondries. Ce ne sont pas comme on l'admettait jusqu'ici des organites liés à la fonction chlorophyllienne, spéciaux aux végétaux chlorophylliens. Leur rôle ne se borne pas à élaborer, comme on le croyait, de la chlorophylle et de l'amidon, mais ils participent à la formation de la plupart des produits de sécrétion de la cellule. Cette élaboration s'effectue tantôt directement dans la mitochondrie, comme c'est le cas le plus général pour la formation de l'amidon, tantôt dans des mitochondries différenciées, c'est-à-dire ayant acquis, avant d'élaborer, un développement spécial, et s'étant transformées en plastes ou chondrioplastes, comme les chloroplastes qui représentent des mitochondries différenciées. Les chloroplastes ne sont que des chondrioplastes, c'est-à-dire des mitochondries de grandes dimensions, des mitochondries hautement différenciées, et c'est pour cela qu'elles sont très visibles et depuis fort longtemps connues.

---

(1) Parmi les plastides de la cellule végétale, il n'y a que les chloroplastes qui peuvent être fixés par les moyens ordinaires ; ces organites une fois différenciés aux dépens des mitochondries acquièrent donc des caractères histo-chimiques un peu différents de ceux des mitochondries ordinaires et qui se manifestent par une beaucoup plus grande résistance vis-à-vis des fixateurs. Les amyloplastes et les chromoplastes conservent au contraire les mêmes caractères histo-chimiques que les mitochondries.

Etant donné que toutes les recherches de cytologie tendent à démontrer qu'il n'y a aucune différence entre la cellule animale et la cellule végétale, il n'y a pas lieu de s'étonner de ce résultat qui nous montre des organites jouant un rôle aussi important que les plastides se retrouvant dans la cellule animale ; il eut été au contraire très étonnant qu'il en fût autrement.

D'après les acquisitions récentes de la science, le cytoplasme nous apparaît donc comme constitué par une matière fondamentale d'apparence homogène (hyaloplasme des auteurs) renfermant en suspension des organites spéciaux, les mitochondries, qui, par un mécanisme physico-chimique encore inconnu, ont la propriété de servir de centre d'élaboration à la plupart des produits de sécrétion de la cellule. Cette conception vérifie en partie la théorie granulaire du cytoplasme formulée en 1894 par Altmann qui, le premier, a découvert dans la cellule animale les mitochondries et montré leur rôle élaborateur. Malheureusement ce savant avait donné aux mitochondries qu'il désignait sous le nom de *bioblastes* une interprétation inexacte et s'était égaré dans une théorie fantaisiste. En raison de leur ressemblance avec les bactéries, il considérait ces bioblastes comme des organismes élémentaires, sortes d'unités physiologiques, dont serait constituée toute cellule. Ces bioplastes auraient été réunis dans la cellule par une gelée d'hyaloplasme. Les bactéries représenteraient donc non point des cellules libres, mais des bioblastes. L'étrangeté de cette théorie fit que personne ne prit au sérieux la réalité des bioblastes et qu'il fallut attendre des travaux récents notamment ceux de Regaud et les nôtres pour reconnaître et ressusciter les bioblastes.

L'exposé que nous venons de faire, quoique très succint, n'en est pas moins démonstratif, et l'on sera facilement convaincu, en le lisant, que l'ensemble des travaux récents de cytologie animale et végétale a jeté une grande lumière sur la connaissance du cytoplasme et que le rôle élaborateur des mitochondries apparaît avec la plus grande évidence. Ces travaux apportent des faits précis, d'ordre expérimental, et contre lesquels il n'y a rien à opposer, puisqu'ils s'appuient à la fois sur une méthode de fixation dont l'efficacité a été démontrée, et sur des observations vitales, et puisqu'enfin, les réactions microchimiques caractéristiques des produits élaborés comme l'amidon ont pu être obtenues au sein des mitochondries. Aussi comprend-on difficilement qu'en présence de faits rigoureusement démontrés, certains auteurs comme M. Dangeard songent à séparer les mitochondries des plastides et à les rattacher au système vacuolaire.

La figure C de la Pl. 13, qui représente les cellules de l'extrémité du méristème d'une jeune tige de Ricin, montre clairement que les vacuoles apparaissent dans toutes les cellules sous forme de petits îlots hyalins et incolores au sein du cytoplasme rempli de mitochondries. Les vacuoles ne se colorent donc pas par les méthodes mitochondriales, et évoluent séparément du chondriome. Elles apparaissent comme des éléments absolument distincts du chondriome.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE 1

Aspect du chondriome dans la cellule animale.

A et B. — Cellules du foie d'un embryon de Poulet (d'après Hoven).

C et D. — Ostéoblastes de fœtus de Mouton (d'après Dubreuil).

E. — Epithélium de la gouttière neurale dans un embryon de Poulet (d'après Cowdry).

PLANCHE 2

Aspect du chondriome dans la cellule végétale.

Cellules du méristème d'une racine de Ricin.

PLANCHE 3

A et B. — Chondriome de l'asque de *Pustularia vesiculosa*.

C et D. — Chondriome de *Rhizopus nigricans*.

E. — Œuf d'*Ascaris* avec mitochondries granuleuses (d'après Meves).

F. — Coupe du sac embryonnaire de *Lilium candidum* : mitochondries et grains de sécrétion.

PLANCHE 4

Mitochondries granuleuses en voie de division.

A. — Dans *Spirostomum ambiguum* (d'après Fauré-Frémiet).

B. — Dans une jeune cellule épidermique de Tulipe.

Le chondriome dans les divers stades de la mitose :

C. — Dans les cellules du méristème de la racine de Ricin.

D. — Dans les cellules du cartilage d'un embryon de Porc (d'après Pensa).

E. — Dans les cellules du cartilage d'un embryon de Poule (d'après Meves).

PLANCHE 5

Aspect du chondriome observé sur le vivant.

1 et 2. — Cellules épidermiques d'un pétale de Tulipe (variété blanche) observé sur le vivant. — M) Mitochondries granuleuses. — G H) Globules oléagineux. — G O) Gros globule de graisse.

3. — La même cellule fixée et colorée par une méthode mitochondriale.

4. — Cellule épidermique d'une bractée d'*Iris germanica* sur le vivant.

5. — Cellule d'un embryon d'animal (d'après R. et H. Lewis).

PLANCHE 6

Altération du chondriome en milieu hypotonique.

1. — Chondriocontes normaux d'une cellule animale. — Leur transformation en vésicules en milieu hypotonique (d'après R. et H. Lewis).

2. — Vésicules provenant de l'altération de mitochondries dans un Protozoaire (d'après Fauré-Frémiet).

3. — *Glaucoma piriformis.* Mitochondries gonflées en vésicules par l'action du milieu hypotonique (d'après Fauré-Frémiet).

4, 5, 6. — Stades successifs de la transformation de chondriocontes en grosses vésicules sous l'influence du milieu hypotonique dans une cellule épidermique de pétale de Tulipe.

7. — Cellule épidermique d'un pétale de Tulipe examinée en milieu hypotonique. Le chondriome est entièrement transformé en grosses vésicules.

Formation de chondrioplastes au sein des chondriocontes dans la cellule animale.

8 et 9. — *Acinus de la glande sous-maxillaire de l'Homme* : C. chondriocontes, P, plastes formés sur le trajet des chondriocontes (d'après Regaud).

PLANCHE 7

Stades successifs de la formation des chloroplastes aux dépens de chondriocontes dans le méristème de la feuille d'Orge.

PLANCHE 8

Formation de globules graisseux au sein des chondriocontes.

A. — Dans la cellule adipeuse d'un Lapin (d'après Dubreuil). — 1) cellule très jeune. — 2 et 3, en voie d'élaboration ; *vg*, vésicule formée au sein d'un chondrioconte et renfermant de la graisse non colorée par la méthode mitochondriale ; *gg*, gros globules graisseux provenant de la croissance des vésicules *vg*. — 4, cellule plus âgée ; quelques vésicules se forment encore aux dépens du chondriome très appauvri. Au centre un gros globule graisseux *(gg)* provenant de la fusion d'un grand nombre de globules plus petits. — 5, Stades successifs de la formation de la graisse au sein des mitochondries granuleuses *(a)* ou des chondriocontes *(b, c)*.

B. — Fragment de coupe d'un acinus de glande sébacée de l'Homme. — *a*, cellule génératrice. — *b*, cellule sébacée en évolution ; *vg*, vésicule graisseuse formée au sein d'un chondrioconte ; *gg*, globules graisseux ; *c*, grosses cellules avec globules graisseux sur le point de confluer (d'après Nicolas, Regaud et Favre).

PLANCHE 9

Stades successifs de la formation des grains d'amidon dans la racine de Ricin.

6. — Stades successifs de la formation des grains composés d'amidon au sein des chondriocontes.

PLANCHE 10

Rôle élaborateur des mitochondries dans diverses cellules animales.

1, 2. — Cellules picriphiles de la glande à pourpre de *Murex trunculus*. Les chondriocontes de la base forment des vésicules *(v)* occupées par un produit qui ne se colore pas comme les mitochondries et représentant une boule picriphile en formation. En haut, les boules picriphiles *(bp)* qui semblent représenter le préproduit du venin ont achevé leur croissance (d'après Grynfelt).

3. — Cellule du pancréas de Cobaye. — Formation d'un produit au sein des chondriocontes et leur donnant l'aspect de vésicules (d'après Chaves).

Formation des grains d'amidon au sein des chondriocontes.

4. — Dans une cellule épidermique vivante de bractée d'*Iris germanica*.

5, 6. — Dans une cellule épidermique de pétale d'*Iris germanica*.

PLANCHE 11

Formation des pigments dans la cellule animale.

1, 2. — Cellules de l'épithélium pigmentaire de la rétine de la larve de Bufo (d'après Luna).

3. — Epithélium cornéen de la larve de *Rana temporaria* (d'après Mlle Asvadourova).

Formation des pigments dans la cellule végétale.

4, 5. — Cellules épidermiques d'un pétale de Tulipe observées sur le vivant ; *m*, mitochondries granuleuses incolores ; *gh*, globules graisseux ; *c*, chondriocontes imprégnés de xanthophylle.

6. — Chromoplastides de l'épiderme de Tulipe (d'après W. Schimper).

PLANCHE 12

A. — Formation de plastes issus de mitochondries granuleuses, élaborant un pigment sous forme de longues aiguilles cristallisées dans la corticale surrénale du Cobaye.

B, C. — Formation de pigment carotinien cristallisé sous forme de longues aiguilles au sein de chromoplastides issus de chondriocontes dans l'épiderme d'un pétale de Glaïeul, sur le vivant.

D. — Formation de cristaux d'hémoglobine au sein de chondriocontes dans la cellule hépatique (d'après Policard).

E. — Formation de pigment carotinien cristallisé au sein de chromoplastides dans le fruit de Rosier.

PLANCHE 13

A. — Formation des sphérules vitellines dans l'œuf d'Ascidies. — 1, début ; *m*, mitochondries granuleuses. — 2, mitochondries se transformant en vésicules *(vg)* renfermant une sphérule vitelline non colorée par la méthode mitochondriale. — 3, fin du phénomène : *sv*, sphérules vitellines ayant achevé leur croissance et épuisé leur écorce mitochondriale.

B. — Formation des grains d'amidon dans le tubercule de Pomme de terre ; *m*, mitochondries granuleuses ; *va*, mitochondries vésiculeuses formées par l'apparition d'un grain d'amidon non coloré par la méthode mitochondriale au sein de la mitochondrie ; *a*, grain d'amidon ayant achevé sa croissance et épuisé son écorce mitochondriale.

C. — Fragment du méristème de la tige de Ricin. Le chondriome apparaît nettement distinct du système vacuolaire non coloré par les méthodes mitochondriales.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Morkowine (1) a étudié l'influence de différentes substances, et en particulier de la solanine, employée sous forme de solution à 1 °/₀₀ de chlorhydrate de solanine, sur la respiration des sommets de tiges de *Vicia Faba* étiolées. Il a constaté que l'intensité de la respiration est augmentée par l'absorption de ce sel, de même d'ailleurs que par l'absorption d'anesthésiques divers. L'intensité respiratoire étant en relation avec l'activité vitale des organes, l'auteur rapproche ce résultat de ceux obtenus par Wothschall (2), relatifs à la localisation de la solanine dans les tissus où les phénomènes vitaux sont très actifs. Morkowine est ainsi amené à considérer la solanine comme un composé nécessaire aux échanges nutritifs et non comme une sécrétion inutile à la plante.

Brunstein (3) s'est occupé, comme Puriewitsch, de la valeur nutritive des glucosides pour les Champignons. Il a expérimenté avec un grand nombre d'espèces : plusieurs *Aspergillus*, le *Penicillium glau-*

---

(1) Morkowine. Recherches sur l'influence des anesthésiques sur la respiration des plantes *(Rev. gén. Bot.*, T. XI, pp. 289-303, 341-352, 1899).

(2) Wothschall. *Loc. cit.*

(3) A. Brunstein. Ueber Spaltungen von Glycosiden durch Schimmelpilze *(Beih. z. bot. Centralbl.*, T. X, pp. 1-50, 1901).

cum, le *Botrytis cinerea*, le *Monilia candida*, plusieurs *Mucor*, le *Thamnidium elegans*, le *Phycomyces nitens*, l'*Amylomyces Rouxii*, le *Dematium pullulans*. Il fait absorber à ces Champignons de l'arbutine, de la salicine, de l'hélicine, de la coniférine, de l'amygdaline, du myronate de potassium, de la glycyrrhizine et une saponine.

Les résultats obtenus par Brunstein diffèrent de ceux de Puriewitsch par les points suivants :

L'abondance du développement d'un mycélium en présence d'un glucoside ne serait pas en relation avec le poids moléculaire de ce corps, mais avec la plus ou moins grande nocivité des produits de dédoublement du glucoside employé. Les Champignons développés sur solutions d'arbutine, d'hélicine ou de salicine donnent un mycélium moins abondant que ceux développés sur amygdaline, myronate de potassium ou coniférine, parce que les produits de dédoublement de la première série de glucosides seraient plus nocifs que ceux de la seconde série.

Pour Brunstein les composés phénoliques résultant du dédoublement des glucosides ne sont jamais absorbés par les mycéliums, ils sont parfois seulement modifiés, oxydés par exemple.

Townsend (1), étudiant l'action exercée sur les graines par l'acide cyanhydrique gazeux, constate que les graines sèches sont très résistantes à cette action, tandis que les graines humides sont beaucoup plus rapidement atteintes.

Les expériences de Ciamician et Ravenna comptent parmi celles qui ont donné les résultats les plus intéressants au point de vue qui nous occupe. Dans une suite de recherches, dont la publication a commencé en 1907, ces deux auteurs ont essayé de résoudre la question de la formation et de la signification biologique des glucosides en faisant absorber à différentes plantes les glucosides eux-mêmes ou leurs produits de dédoublement, et en déterminant les modifications éprouvées par ces corps à l'intérieur de l'organisme végétal.

Ciamician et Ravenna font absorber les glucosides ou leurs produits de dédoublement aux plantes en expérience, soit par les racines, soit en les inoculant dans les tissus de la manière suivante (1) :

---

(1) Townsend C. O. (*Bot. Gaz.*, T. XXXI, pp. 241-264, 1901).

Les plantes sont cultivées en pleine terre ; lorsqu'elles ont acquis un développement suffisant on pratique dans leur tige une cavité en forme de parallélipipède rectangle ayant une profondeur de 2 mm., une longueur d'environ 60 mm. et une largeur de 10 à 12 mm. ; le lambeau de tige ainsi soulevé est laissé adhérent à l'organe par l'un de ses côtés. Dans cette cavité on place le glucoside ou son produit de dédoublement, puis on ferme la plaie en rabattant le lambeau de tige. On ligature solidement et on assure l'obturation complète de la cavité à l'aide de paraffine.

En opérant de cette manière ou en faisant absorber les substances en solution par les racines (2), Ciamician et Ravenna ont pu introduire dans des pieds de Maïs, de Haricot, de Jacinthe, soit des glucosides : amygdaline, salicine, arbutine, soit des produits de dédoublement de glucosides : aldéhyde benzoïque, saligénine, hydroquinone, salicylate de méthyle, alcool benzylique, vanilline. L'étude de l'action exercée par ces substances sur l'organisme végétal ainsi que la recherche de ces corps ou de leurs produits de transformation, après un temps suffisant, dans les plantes ayant servi aux expériences, ont permis aux auteurs de mettre en évidence les faits suivants :

Les glucosides sont mieux supportés par les plantes que leurs produits de dédoublement aromatiques ; c'est ainsi que le Maïs meurt en trois jours à la suite de l'inoculation de ces derniers produits, tandis qu'il se développe jusqu'à la maturité après avoir reçu jusqu'à 3 grammes de glucoside en deux mois.

Lorsque les plantes ont été inoculées avec des glucosides, une partie de ces composés reste intacte, l'autre est hydrolysée à l'intérieur des tissus végétaux. Une certaine quantité des corps aromatiques libérés dans cette hydrolyse s'accumule dans la plante, le reste disparaît probablement par oxydation.

---

(1) G. Ciamician et C. Ravenna. Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali (*Memorie della R. Acc. d. Scienze dell' Ist. di Bologna,* Sér. 6, T. IV, pp. 17-28, 1907).

(2) G. Ciamician et C. Ravenna. Sul contegno di alcune sostanze organiche nei vegetali (*Memorie della R. Acc. d. Scienze dell' Ist. di Bologna,* Sér. 6, T. V, pp. 29-40, 1908. — T. VI, 1909. — *Gazetta chim. ital.,* T. XXXVIII, pp. 682-697 1908).

G. Ciamician et C. Ravenna. Sintesi della salicina per mezzo della piante. (*Rendiconti d. R. Acad. dei Lincei,* Sér. 5, T. XVIII, pp. 419-422, 1909).

G. Ciamician et C. Ravenna. Su la formazione dei glucosidi per mezzo della piante. (*Rendiconti d. R. Acad. dei Lincei,* Sér. 5, T. XVIII, pp. 594-596, 1909).

Lorsque les plantes sont inoculées avec les composés aromatiques résultant du dédoublement des glucosides, une partie de ces corps est oxydée, l'autre se transforme en un glucoside hydrolysable par l'émulsine. Les expériences effectuées sur le Maïs avec la saligénine ont permis aux auteurs de mettre en évidence que le glucoside qui se constitue ainsi dans les tissus aux dépens de la saligénine est identique à la salicine. Le Maïs accomplit donc la synthèse de la salicine.

De plus, que les plantes reçoivent de la salicine, ou qu'elles reçoivent de la saligénine, il existe après un certain temps, dans les tissus, un mélange de saligénine libre et de saligénine combinée à l'état de salicine dans lequel les deux corps se trouvent toujours dans le même rapport; un équilibre chimique s'établit donc dans les deux cas entre le glucoside et son produit de dédoublement.

Supposant que les faits observés étaient dus à l'action des enzymes qui se trouvent dans les tissus, les auteurs ont pensé que des transformations semblables pourraient être obtenues en opérant, non plus dans des plantes vivantes, mais avec les plantes triturées. En mettant des plantes triturées en contact avec un glucoside, la salicine par exemple, cette dernière est hydrolysée ; une partie de la saligénine libérée reste intacte, le reste est oxydé en acide salicylique. En mélangeant les plantes triturées avec divers composés aromatiques résultant du dédoublement de glucosides : saligénine, pyrocatéchine, hydroquinone, etc., les auteurs ont pu constater que, tandis qu'une partie de ces corps est oxydée ou décomposée d'une manière quelconque, il y a, aux dépens d'une autre portion, production de petites quantités des glucosides correspondants. La synthèse des glucosides en dehors de l'organisme végétal vivant était ainsi réalisée.

Les essais de production de glucosides chez le Maïs et le Sorgho, entrepris un peu plus tard (1) par les mêmes auteurs, en inoculant à ces plantes soit de l'acide gallique, soit de l'acétone en combinaison bisulfitique, n'ont pas donné de résultats positifs. Les substances introduites disparaissent des tissus, peut-être par oxydation.

---

(1) G. Ciamician et C. Ravenna. Action de quelques substances organiques sur les végétaux. (*Annales de Chimie et Physique*, T. IV, pp. 5-27, 1915).

Ciamician et Ravenna considèrent les glucosides comme des matières de réserve.

Hérissey et Lebas (1) ont recherché si l'aucubine a une valeur nutritive pour l'*Aspergillus niger*. Le glucoside est dédoublé par le Champignon ; le glucose est assimilé, tandis que l'aucubigénine libérée se polymérise. Le développement de l'*Aspergillus niger* en liquide de Raulin neutre additionné d'aucubine est lent au début, mais devient ensuite de plus en plus rapide, et donne finalement d'abondantes et luxuriantes cultures.

L'aucubine n'est utilisée pour la nutrition du Champignon qu'après hydrolyse ; le glucose est assimilé, mais les expériences faites ne peuvent permettre de savoir si l'aucubigénine ou ses produits d'altération concourent à la nutrition de la plante.

Solacolu (2) a étudié la valeur nutritive de plusieurs glucosides saponiques : saponine, sapotoxine, sénégine, cyclamine, digitoxine, saponine de Gaïac, pour deux Champignons, le *Penicillium glaucum* et l'*Aspergillus niger*. Les cultures étaient faites dans la solution nutritive de Detmer sans glucose, additionnée des saponines à étudier.

Les mycéliums se développent plus lentement dans des solutions de saponines que dans une solution de glucose ; la production des spores est retardée. Toutefois les Champignons étudiés ont utilisé les glucosides saponiques en présence desquels ils se développaient. A aucun moment des expériences, les liquides nutritifs ne contenaient de sucres réducteurs ; on n'a pas non plus constaté la précipitation de sapogénines dans les milieux de culture au cours de la végétation. L'hydrolyse des saponines par les Champignons ne semble donc pas, pour l'auteur, fournir les mêmes produits que l'hydrolyse par les acides.

Solacolu conclut de ses recherches que les saponines peuvent servir d'aliment pour les végétaux.

(1) H. Hérissey et Lebas. Utilisation de l'aucubine par l'*Aspergillus Niger* V. Tgh. (*Journ. de Pharm. et de Chim.*, Sér. 7, T. III, pp. 521-525, 1911).

(2) F. Solacolu. Les saponines, aliments hydrocarbonés pour les végétaux. (*C. R. des séances de la Soc. de Biologie*, T. LXXIV, pp. 304-306, 1913).

Sigmund (1) étudie l'influence de plusieurs composés organiques, parmi lesquels un certain nombre de glucosides, sur la germination des graines. Les expériences portent sur les semences de Blé, les graines de plusieurs espèces de Crucifères et de Légumineuses. Les semences sont immergées le plus souvent pendant 24 heures dans les solutions des composés étudiés et mises ensuite à germer.

La populine n'est pas du tout toxique.

La solanine, la phloridzine, l'hespéridine, l'arbutine, la salicine, la coniférine, l'amygdaline, la sinigrine, la convallarine, la bryonine, la digitaline et les saponines, causent un préjudice léger à la germination.

La baptisine, l'esculine, l'helléborine, la strophantine, l'aloïne sont nettement toxiques.

Parmi les produits résultant du dédoublement des glucosides, la digitaléine n'est pas toxique; la solanidine, la phlorétine, l'hespérétine, causent un préjudice léger; l'hydroquinone, la pyrocatéchine, l'aldéhyde salicylique, la vanilline, l'acide cyanhydrique, l'acide protocatéchique, l'acide gallique, l'acide cafétannique, sont extrêmement toxiques.

Dans le but de déterminer si des solutions très diluées d'acide cyanhydrique exercent une action stimulante sur le développement de graines de Pois et d'Orge, W. E. Brenchley (2) fait développer ces graines en présence de solutions nutritives contenant de l'acide cyanhydrique à des dilutions variant entre 1/1.000.000.000 et 1/100.000. Il conclut de ses expériences que l'acide cyanhydrique est extrêmement toxique pour les deux plantes étudiées. La toxicité est d'autant plus forte que l'acide est employé sous une plus grande concentration. Les solutions très diluées n'exercent aucune action stimulante sur le développement.

⁂

---

(1) W. Sigmund. Ueber die Einwirkung von Stoffwechselendprodukten auf die Pflanzen. I. Einwirkung N-haltiger pflanzlicher Stuffwechselprodukte auf die Keimung von Samen (Alkaloide). II. Einwirkung N-freier pflanzlicher Stoffwechselendprodukte auf die Keimung von Samen. *(Biochem. Zeitschr.*, T. LXII, pp. 299-338, 339-386, 1914).

(2) W. E. Brenchley. Organic plant poisons. I. Hydrocyanic acid. *(Annals of Botany*, T. XXXI, pp. 447-456, 1917).

Quelles conclusions peut-on tirer de tout cet ensemble de faits et de déductions, relativement au rôle que jouent les glucosides dans le règne végétal?

En exposant ces faits, ainsi que les déductions qui en ont été tirées par les divers auteurs, j'ai été amené le plus souvent à indiquer la conclusion adoptée par chacun de ces derniers sur le rôle physiologique des glucosides. Rappelons tout d'abord brièvement quelles sont ces conclusions.

L'arbutine, pour Weevers, la salicine, pour Théorin, Jowett, Potter, Weevers, la populine, pour Théorin, la syringine, le glucoside des *Veronica*, pour Vintilesco, les glucosides cyanogénétiques chez certaines plantes, pour Treub, la rutine, pour Pavolini et Mayer, la scutellarine, pour Strecker, la robinine, pour Bargagli Petrucci, les saponines, pour Weevers, Molisch, l'oleuropéine, pour Bourquelot, Vintilesco, la taxicatine, pour Lefebvre, la solanine, pour Albo, se comportent, chez les végétaux qui les produisent, comme des substances de réserve.

Pfeffer (1) suppose que les combinaisons de sucres avec des corps aromatiques, sous forme de glucosides, jouent un rôle semblable à la formation des polysaccharides, et qu'elles ont pour effet de constituer des corps ne pouvant sortir que difficilement des cellules. Les sucres ainsi mis en réserve se libéreraient ultérieurement par le dédoublement des glucosides. Pour ce physiologiste, les glucosides, de même que les tannins, ne seraient pas des produits secondaires; ils seraient formés pour des fonctions particulières. Bokorny (2), soutient cette même opinion, et montre par des expériences portant sur l'arbutine et la salicine que ces glucosides ne peuvent pas, en effet, traverser par osmose les membranes protoplasmiques des cellules de levure.

Ciamician et Ravenna, Russell (3) considèrent les glucosides en général comme des matières de réserve. Marie Korsakoff constate que les saponines semblent jouer le rôle de substances de réserve pendant une partie de la vie des plantes qui les produisent, mais paraissent rester inutilisées dans les graines.

---

(1) W. Pfeffer. *Physiologie végétale*, traduction Jean Friedel, T. I, pp. 504-507.

(2) Th. Bokorny. *Ueber die glukoside. (Chem. Ztg.*, T. XXXIV, pp. 1-2, 1910).

(3) M. W. Russell. *Sur le siège de quelques principes actifs des végétaux pendant le repos hivernal. (Rev. gén. de Bot.*, T. XV, pp. 160-165, 1903).

M. W. Russell. Sur la migration des glucosides chez les végétaux. *(C. R. Ac. Sc.*, T. CXXXIX, pp. 1230-1232, 1904).

M. W. Russell. Sur le rôle des glucosides chez les végétaux. *(Ass. fr. p. l'avanc. des Sciences*, pp. 461-462, 1905).

Palladine considère les glucosides et en particulier les glucosides anthocyaniques comme jouant un rôle dans le phénomène de la respiration, où, par des oxydations et des réductions successives réalisées au moyen des ferments solubles, ils auraient pour effet de fixer l'oxygène atmosphérique et de le transporter sur les aliments respiratoires. Walther adopte cette opinion pour l'indican.

E. Fr. Armstrong (1) admet que certains glucosides jouent un rôle important dans le phénomène respiratoire; il pense que, d'autre part, ils sont utilisés de façons variées dans l'économie végétale, et qu'aucune explication ne peut englober les fonctions de tous les représentants de ce groupe. Pour cet auteur, dans beaucoup de cas, les glucosides fonctionnent comme matières de réserve. De plus, le passage à l'état de glucosides serait un moyen, pour les substances aisément décomposables, telles que les acides et les aldéhydes, de rester indécomposées. Enfin, Armstrong attribue également aux glucosides un rôle de protection pour les organes dans lesquels ils s'accumulent.

Treub considère les glucosides cyanogénétiques comme les premiers produits reconnaissables de l'assimilation de l'azote; ces corps représenteraient un stade de la formation des substances albuminoïdes; dans les cas où la synthèse des albuminoïdes s'arrêterait à cette phase, les glucosides cyanogénétiques formés se comporteraient tantôt comme des substances de réserve azotées et hydrocarbonées, tantôt comme des formes de transport de ces aliments. Pflüger, Latham, Hunt, A. Gautier, Dunstan et Henry, Laurent et Marchal, Soave, Ravenna, Peli, Tonnegutti, Couperot, sont favorables à cette manière de voir. Guignard pense que, à part quelques cas exceptionnels, les glucosides cyanogénétiques constituent des substances nutritives pour les plantes qui les produisent, et que leur rôle peut d'ailleurs varier plus ou moins suivant leur constitution.

Dehérain considère la solanine comme une forme de transport de l'azote.

---

(1) E. Fr. Armstrong. The simple carbohydrates and the glucosides. Longmans, Green and Co, Londres.

Weevers, qui envisage les glucosides comme des substances de réserve, admet que dans certains cas ces corps peuvent être des composés transitoires apparaissant au cours de transformations chimiques particulières à certaines phases du développement des plantes. Cette dernière opinion avait déjà été soutenue par Boussingault, Wothschall, pour la solanine, Tailleur, pour le glucoside du *Fagus*.

Tous les physiologistes qui viennent d'être cités envisagent donc les glucosides comme jouant, dans l'organisme des végétaux qui les produisent, le rôle de substances intervenant à des titres divers d'une manière favorable dans les phénomènes de nutrition.

Quelques auteurs n'admettent pas cette manière de voir, ou même soutiennent l'opinion contraire. C'est ainsi que Molle, Clautriau, envisagent la solanine comme une substance de déchet. Guérin pense que les faits actuellement connus concernant les glucosides cyanogénétiques ne conduisent pas à envisager ces corps comme des substances de réserve ; il considère que nos connaissances actuelles sur ce sujet ne permettent pas de se prononcer sur le rôle utile ou nuisible que ces glucosides sont susceptibles de jouer dans l'organisme végétal. Le rôle utile des glucosides cyanogénétiques est également mis en doute par Gerber et Cotte, Jorrissen, Guyot.

Tunmann (1) ayant fait développer pendant deux mois des plantes à hespéridine (Menthe, Hysope) à l'obscurité, constate que le glucoside n'a pas diminué pendant ce séjour, et que les individus maintenus à l'obscurité sont aussi riches que ceux développés à la lumière. Ces faits, qui confirment ceux antérieurement mis en évidence par Pfeffer (2) sur le même sujet, conduisent Tunmann à considérer la formation d'hespéridine par les plantes comme un moyen de se débarrasser de la phloroglucine qui prend naissance dans leurs tissus.

Pour Marie Korsakoff, la saponine des graines d'*Agrostemma Githago* ne semble pas se comporter comme une réserve nutritive au cours de la germination.

Bridel se refuse également à considérer la méliatine et la gentiopicrine comme des substances de réserve et ne voit pas quelle utilité ces corps peuvent avoir pour les plantes qui les produisent.

---

(1) TUNMANN. Ueber die Kristallanscheidungen in einigen Drogen (Hesperidin). (*Schw. Woch. f. Chem. u. Pharm* , T. XXXXVII, pp. 777-797, 1909).

(2) PFEFFER. (*Bot. Zeitg.*, p. 481, 1874).

Enfin Goris envisage les glucosides comme des substances de déchet. Pour cet auteur, les glucosides seraient une forme de mobilisation des déchets de l'activité cellulaire, les sucres n'interviendraient dans la molécule glucosidique que pour solubiliser la partie aromatique toxique pour la plante et l'entraîner dans des régions où elle puisse être oxydée. Le rôle nutritif des glucosides se réduirait à l'utilisation possible de la partie hydrocarbonée de leur molécule, mais ne serait que tout à fait secondaire.

⁂

Voyons maintenant quelles relations existent entre les faits mis en lumière et les conclusions qui en ont été tirées, c'est-à-dire quelle valeur il convient d'attribuer aux différents critériums invoqués en faveur de l'une ou de l'autre des deux opinions soutenues : 1° les glucosides sont des substances utilisées par les plantes ; 2° les glucosides ne sont pas utilisés par les plantes, ou même sont des substances nuisibles pour l'organisme végétal.

Il convient tout d'abord de faire des réserves sur la plupart des résultats relatifs aux variations quantitatives des glucosides qui ont été obtenus par les méthodes de recherches microchimiques. Ces méthodes, qui sont susceptibles de fournir des résultats précieux lorsqu'on veut se rendre compte de la répartition d'un principe immédiat dans les divers organes d'une plante, ne donnent que des renseignements de valeur très discutable lorsqu'on veut suivre les variations quantitatives de ce principe immédiat dans un organe donné. Quand on veut essayer de suivre par les méthodes microchimiques les variations d'un corps déterminé, on se base sur l'intensité des réactions obtenues par l'action de réactifs appropriés sur les tissus dans lesquels le corps à étudier se trouve localisé. L'estimation de ces différences d'intensité de réaction ne peut être que très approximative. De plus, comme divers auteurs l'ont fait déjà remarquer, cette intensité des réactions observées dans les recherches microchimiques est proportionnelle à la concentration des corps recherchés et non à la quantité absolue de ces corps se trouvant dans les tissus étudiés. L'estimation plus ou moins exacte effectuée indique donc que le corps recherché se trouve sous une plus ou moins grande concentration et non qu'il existe en plus ou moins grande quantité. Or, la concentration d'un corps dans un tissu ne dépend pas seulement de la quantité absolue du corps considéré, elle peut être modifiée profondément par un changement de teneur en eau des tissus, par la diminution ou l'accumulation de tous les autres principes immédiats qui accompagnent le corps recherché. Il en résulte que les renseignements fournis sur les variations des quantités absolues de substances et, dans le cas présent, de glucosides, par les recherches microchimiques, sont le plus souvent de valeur incertaine.

Des réserves doivent être faites également, et en partie pour les mêmes raisons, en ce qui concerne un certain nombre des résultats relatifs aux variations quantitatives des glucosides obtenus par les méthodes d'analyse chimique. Beaucoup de résultats obtenus dans l'étude des variations des glucosides dans les plantes au cours de la végétation ou sous des influences diverses, sont rapportés à 100 gr. d'organes frais ou à 100 gr. d'organes secs. Ils rendent donc compte de la variation de la concentration ou de la proportion du glucoside dans les organes étudiés et non de la variation de la quantité absolue du corps étudié. Or, c'est surtout cette dernière donnée qui est intéressante lorsqu'on veut déterminer si dans un organe un glucoside se forme, s'accumule, se détruit ou émigre. Les résultats d'analyses rapportés à un nombre déterminé d'organes ou de plantes sont donc les seuls qui aient une réelle valeur au point de vue qui nous occupe.

Ces réserves étant faites, voyons maintenant quelle valeur ont les divers phénomènes observés relatifs à l'évolution biochimique des glucosides comme critériums du rôle utile ou nuisible joué par ces composés dans l'organisme végétal. Examinons tout d'abord ceux qui ont été invoqués en faveur de l'utilisation des glucosides par les plantes qui les produisent.

1° *Diminution des glucosides au cours de la germination des graines ou des tubercules.* — Elle a été constatée pour la saponine dans les graines d'*Æsculus,* la phaséolunatine dans celles du *Phaseolus lunatus,* la sinigrine dans celles de *Raphanus* et de *Brassica,* la solanine dans les graines et les tubercules de *Solanum tuberosum.*

La diminution et dans certains cas la disparition d'une substance au cours de la germination, c'est-à-dire au moment où la formation de jeunes tissus nécessite la consommation des substances mises en réserve dans la graine, est certainement l'un des meilleurs critériums en faveur de l'utilisation de cette substance par la plante. Toutefois, il serait important de pouvoir déterminer ce que devient la substance, et dans le cas particulier le glucoside qui disparaît ; la molécule glucosidique complète, ou seulement une partie des produits de dédoublement, est-elle brûlée dans le phénomène respiratoire? la partie brûlée constituerait dans ce cas un aliment de respiration, ou bien est-elle employée à l'édification des nouveaux tissus, ou seulement de certaines parties des jeunes cellules? ou enfin subit-elle des transformations d'un autre ordre? Ce sont là des questions auxquelles il est impossible de répondre, pour ce qui concerne les glucosides, dans l'état actuel de nos connaissances.

2° *Diminution des glucosides dans les organes vivaces au moment de la reprise de la végétation.* — Elle a été constatée pour l'arbutine dans le *Vaccinium vitis-idæa* et le *Pirus communis,* la salicine dans les *Salix,* la populine dans les *Salix* et les *Populus,* la syringine dans les *Syringa,* les glucosides cyanogénétiques dans le *Prunus Padus* et le *Photinia serrulata,* la taxicatine dans le *Taxus baccata,* le glucoside du *Fagus.*

La diminution des glucosides dans les organes vivaces au moment de la reprise de la végétation, c'est-à-dire au moment où se forment de nouveaux tissus, est un aussi bon critérium de l'utilisation de ces substances que celui qui vient d'être envisagé ci-dessus. Les mêmes restrictions doivent toutefois lui être appliquées. De plus, il est indispensable, dans le cas particulier, de faire la preuve, comme cela a été magistralement réalisé par Weevers pour la salicine, que la diminution du glucoside n'est pas due à une émigration vers d'autres organes que ceux qui sont soumis à l'analyse, mais doit bien être rapportée à un transport du glucoside vers les tissus en voie de formation et à une disparition en ces points. Les recherches de Weevers, relatives à la salicine, et portant en même temps sur les variations du glucoside et de ses produits de dédoublement, ont particulièrement éclairé ce côté de la question.

3° *Formation des glucosides au cours de l'assimilation chlorophyllienne du carbone.* — Il est actuellement difficile de savoir d'une manière indiscutable si un principe immédiat quelconque résulte directement de la synthèse chlorophyllienne, ou s'il provient indirectement du phénomène chlorophyllien par transformation des produits élaborés les premiers.

Pour ce qui concerne les glucosides, on a pu seulement constater que dès que l'assimilation chlorophyllienne du carbone commence, l'arbutine apparaît chez le *Vaccinium Vitis-idæa* et le ***Pirus communis,*** la salicine chez les *Salix*, les glucosides cyanogénétiques chez le ***Pangium edule,*** le ***Phaseolus lunatus,*** le ***Manihot utilissima,*** le ***Passiflora fœtida,*** le ***Prunus javanica,*** la solanine chez le ***Solanum tuberosum.*** L'apparition des glucosides a été constatée soit dans de jeunes plantules exposées à l'air libre et à la lumière où la chlorophylle vient d'apparaître, soit dans les jeunes pousses en voie de verdissement, soit dans des organes verts adultes préalablement maintenus à l'obscurité ou à la lumière mais, en ce dernier cas, dans une atmosphère privée d'anhydride carbonique, et placés ensuite à l'air libre et à la lumière.

L'accumulation de certains glucosides au cours de la journée est un phénomène de même ordre.

Dans ces différents cas, le glucoside résulte-t-il directement ou indirectement de la synthèse chlorophyllienne ? la réponse à cette question n'a pu être donnée ; toutefois, plusieurs faits semblent montrer que la formation de certains glucosides au moins n'est pas le résultat direct de l'assimilation chlorophyllienne du carbone, mais est en relation avec les transformations subies par les produits qui prennent naissance au cours de ce phénomène.

Que l'apparition des glucosides soit dans certaines conditions le résultat direct ou indirect de l'assimilation chlorophyllienne du carbone, peut-on conclure avec certitude, par le seul fait qu'ils apparaissent dès que les organes verts commencent à assimiler, qu'ils sont destinés à jouer un rôle utile dans la plante ? Nos connaissances actuelles tendent à donner une réponse affirmative à cette question, toutefois il n'y a là que des probabilités et non une certitude. Le phénomène chlorophyllien aboutit à la synthèse de principes immédiats dont le rôle utile est indiscutablement démontré, mais on peut admettre que la formation de ces composés, ou les modifications qui suivent immédiatement leur apparition, soient accompagnées de la production de substances de déchet ; les glucosides pourraient faire partie de ces dernières substances. Quoique la production, dans les conditions qui viennent d'être indiquées, de substances de déchet définitivement inutilisables ne soit établie sur aucun fait indiscutablement démontré, on ne peut nier a priori l'existence de ces sortes de substances.

La formation des glucosides au cours de l'assimilation chlorophyllienne du carbone n'est donc pas un critérium indiscutable de la valeur nutritive de ces composés pour les plantes qui les produisent.

4° *Accumulation des glucosides au moment de la pleine végétation, ou à l'époque de la floraison.* — Le fait que les glucosides cyanogénétiques dans les feuilles de *Prunus Laurocerasus* ou dans celles d'*Arum maculatum*, atteignent une quantité maximum au moment de la période de végétation la plus active, que ces mêmes glucosides chez le *Manihot palmata*, le *Lotus arabicus*, que le glucoside des *Veronica*, l'atteignent au moment de la floraison, peut être invoqué aussi bien en faveur d'un rôle utile qu'en faveur d'un rôle de déchet attribuable à ces composés. C'est au moment de la période la plus active de la végétation que les composés utilisables sont formés en plus grande quantité, mais si l'on admet que la formation de ces corps est accompagnée de la production de substances de déchet, c'est donc aussi à cette période que ces derniers corps doivent être produits en quantité importante.

5° *Diminution des glucosides au cours de la formation des organes reproducteurs et de la maturation des fruits.* — La diminution de la salicine au cours de la formation des organes reproducteurs des *Salix*, de l'hespéridine, de la salicine, des glucosides cyanogénétiques, de l'oleuropéine, au cours de la maturation des fruits de *Citrus*, de *Salix*, de *Sambucus ebulus*, *Sorghum*, *Eleusine*, d'*Olea europæa*, parle en faveur de l'utilisation de ces substances. Toutefois, pour que cette donnée eût une valeur définitive, faudrait-il déterminer encore ici ce que deviennent les glucosides qui disparaissent : la molécule glucosidique est-elle utilisée en entier ou en partie dans le phénomène respiratoire, dans la formation de tissus nouveaux ou subit-elle des transformations d'une autre nature ?

6° *Accumulation des glucosides à la fin de la végétation dans les organes persistants.* — Elle a été constatée pour la syringine chez les *Ligustrum*, le glucoside cyanogénétique chez le *Prunus virginiana*, dans les graines de *Phaseolus,* dans les amandes amères, la saporubrine chez le *Saponaria officinalis,* l'agrostemmasaponine dans les graines d'*Agrostemma Githago,* la taxicatine chez le *Taxus baccata,* la populine, la fraxine, la dulcamarine, l'ononine, les saponines, la convolvuline chez les *Populus, Fraxinus, Solanum Dulcamara, Ononis, Saponaria officinalis, Lychnis dioica, Convolvulus sepium,* d'après Russell (1). On ne peut en déduire qu'une probabilité en faveur du rôle de substances de réserve attribué aux glucosides, et seulement pour la raison que ces corps se comportent alors comme le feraient des composés de réserve bien caractérisés. Ce ne peut être là un critérium certain permettant d'affirmer que les corps qui s'accumulent ainsi sont des substances de réserves destinées à être ultérieurement utilisées.

7° *Diminution ou disparition des glucosides dans les organes qui meurent.* — La diminution, et dans certains cas la disparition, des glucosides cyanogénétiques à la fin de la végétation dans le *Manihot palmata,* le *Lotus arabicus,* le *Sorghum vulgare,* le *Linum usitatissimum,* le *Centaurea aspera,* l'*Arum maculatum,* du glucoside dans les *Veronica,* la diminution ou la disparition dans les feuilles au moment où elles vont tomber, de la syringine chez les *Ligustrum,* des glucosides cyanogénétiques chez le *Pangium edule,* le *Phaseolus lunatus,* l'*Hevea brasiliensis,* dans les feuilles inférieures de *Sambucus,* etc., laissent supposer que ces substances sont utilisées par les tissus pendant la période qui précède leur mort. Mais dans ce cas encore, c'est là une probabilité mais non une certitude. Il faudrait pour que ces résultats eussent une valeur certaine qu'il eût été tout d'abord constaté que, dans le cas des plantes vivaces, les glucosides disparaissent des tissus sans émigrer dans les organes persistants, et d'autre part, que toutes les fois où la disparition n'est pas due à une émigration, il eût été possible de montrer ce qu'est devenu le glucoside disparu.

8° *Disparition des glucosides pendant le séjour à l'obscurité, ou à la lumière mais dans une atmosphère privée d'anhydride carbonique, ou enfin pendant la dessiccation des tissus.* — Cette disparition a été constatée, dans les premières conditions (séjour à l'obscurité), pour la salicine chez les *Salix,* pour les glucosides cyanogénétiques chez le *Pangium edule,* le *Phaseolus lunatus,* le *Manihot utilissima,* le *Passiflora fœtida,* le *Prunus javanica ;* elle l'a été dans les secondes (à la lumière en l'absence de gaz carbonique) pour les glucosides cyanogénétiques chez le *Pangium,* le *Phaseolus* et le *Sorghum vulgare,* pour la solanine dans les jeunes plantules de Pomme de terre ; la disparition a été également reconnue dans les dernières conditions (dessiccation) pour l'oleuropéine dans les olives, pour les glucosides cyanogénétiques dans les feuilles de *Sambucus,* d'*Indigofera galegoides* et de *Prunus Laurocerasus.* La disparition des glucosides dans ces diverses conditions est encore un excellent critérium de l'utilisation de ces substances par les plantes qui les produisent. Il serait désirable que dans ces divers cas, on pût préciser aussi quel a été le sort des glucosides disparus, mais l'état actuel de la question permet de supposer qu'une partie et peut-être dans certains cas la totalité de la molécule glucosidique joue au moins le rôle d'aliment respiratoire.

---

(1) M. W. Russell. *Loc. cit.*, 1903.

9° *Augmentation des glucosides dans les organes auxquels on fait absorber des hydrates de carbone, des nitrates, des sels ammoniacaux.* — Elle ne peut que permettre des hypothèses sur la formation des glucosides étudiés.

10° *Accumulation des glucosides : 1° au voisinage des bourgeons ou des radicelles, 2° près des points végétatifs.* — Constatée dans le premier cas pour les glucosides cyanogénétiques chez le *Pangium,* dans le second cas pour les glucosides du même groupe chez les *Bambusa,* dans les deux cas pour la solanine chez la Pomme de terre, elle ne fournit que des probabilités en faveur de l'utilisation de ces glucosides.

11° *Absorption des glucosides par les Champignons.* — Le fait que certains Champignons sont capables d'absorber les glucosides formés par diverses plantes supérieures ne peut en aucune manière tendre à prouver que ces glucosides sont utilisés par les végétaux qui les produisent. Les phénomènes de nutrition dans les mycéliums de Champignons sont tellement différents de ceux qui se produisent dans l'organisme des végétaux supérieurs verts qu'aucun rapprochement n'est possible.

12° *Absorption des glucosides par les plantes supérieures.* — La mise en évidence de l'absorption des glucosides par les plantes supérieures n'est pas une preuve de l'utilisation de ces substances par les plantes qui les produisent, mais elle peut devenir une méthode d'étude de premier ordre si en même temps que l'on montre qu'une plante déterminée est susceptible d'absorber le glucoside qu'elle produit normalement, on parvient à préciser ce que devient le glucoside à l'intérieur de la plante et surtout quelles modifications il subit pendant les diverses phases du développement de la plante étudiée. Les premières recherches entreprises par Ciamician et Ravenna dans cette voie ont donné déjà des résultats tout à fait intéressants. L'étude de la question, entreprise dans le sens que je viens d'indiquer, est à mon avis susceptible de donner au problème qui nous occupe une solution définitive.

Examinons maintenant les faits qui ont été invoqués en faveur de l'inutilisation des glucosides par les plantes qui les produisent et du rôle de déchet attribué à ces corps.

1° *Formation ou augmentation du glucoside pendant les premières phases de la germination.* — Elle a été constatée pour les glucosides cyanogénétiques dans les plantules de *Linum*, de *Mespilus*, de *Sorghum*, d'*Amygdalis communis*, pour le glucoside du *Fagus* dans les plantules de cette espèce, pour la solanine dans celles du *Solanum Lycopersicum*. L'apparition d'une substance pendant les premiers stades de la germination ne peut constituer un critérium permettant de caractériser cette substance comme un déchet de l'activité vitale, inutilisable par la plante qui l'a produite. Le glucose apparaît, dans les premiers stades de la germination des graines à réserves amylacées ou à réserves constituées par des corps gras, comme résultant de la désintégration de la molécule d'amidon, dans le premier cas, ou de la molécule de corps gras suivie de la transformation des acides gras, dans le second cas. Le saccharose s'accumule dans les plantules de diverses espèces végétales dès les premiers stades de la germination. L'asparagine apparaît au cours de la germination des graines à réserves albuminoïdes. Ce sont là des phénomènes très généraux, ils n'ont cependant jamais été invoqués pour mettre en doute la valeur nutritive du glucose, du saccharose ou de l'asparagine. On ne comprend pas, dès lors, pourquoi l'apparition ou l'accumulation de certains glucosides pendant la germination des graines est considérée par quelques auteurs comme une des preuves les plus importantes à l'appui de l'opinion suivant laquelle ces corps seraient des déchets de l'activité vitale inutilisables pour les plantes.

2° *Persistance des glucosides dans les organes qui se séparent de la plante et qui vont mourir.* — La persistance, au moment de la chute des feuilles, des glucosides cyanogénétiques dans les feuilles supérieures de *Sambucus*, de *Passiflora cœrulea*, d'*Indigofera galegoides*, de l'arbutine dans les feuilles de Poirier (1), a été considérée par quelques auteurs comme le fait le plus important s'opposant à permettre d'envisager ces substances comme des principes utilisables ou susceptibles de constituer des matières de réserve. Cette manière de voir est basée sur l'idée que toutes les substances utiles contenues dans les feuilles émigrent vers les parties vivaces avant que ces organes ne quittent la plante.

J'ai antérieurement montré que la persistance de certaines substances dans les feuilles au moment de leur chute ne peut en rien constituer un critérium de l'inutilité ou de la toxicité de ces substances (2). Les raisons que j'ai indiquées sont les suivantes :

1° La chute des feuilles ne correspond pas à un état physiologique défini et constant de ces organes. L'état physiologique des feuilles au moment où elles quittent l'arbre n'est pas le même pour les différentes espèces végétales. Il est également différent, pour une même espèce, suivant le climat sous lequel elle se développe ; et même chez une plante cultivée dans une région donnée, il varie chaque année, suivant les conditions extérieures (température, état hygrométrique, éclairement, etc.) pendant la période qui précède la chute. Enfin, il est encore différent chez une même plante cultivée en un lieu donné, et considérée pendant une année déterminée suivant la partie de la plante sur laquelle la feuille est fixée et suivant par conséquent les conditions de nutrition de cet organe avant la chute. C'est ainsi que certaines feuilles tombent lorsque tous les éléments qui les constituent sont morts, tandis que d'autres sont encore le siège de manifestations vitales relativement actives après après avoir quitté la plante.

---

(1) Em. Bourquelot et Mlle Fichtenholz. Nouvelles recherches sur le glucoside des feuilles de Poirier ; son rôle dans la production des teintes automnales de ces organes. (*Journ. Pharm. et Chim.*, Sér. 7, T. III, pp. 1-13, 1911).

(2) R. Combes. Les opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles. (*Rev. gén. de Bot.* T. XXIII, p. 129, 1911).

La chute des feuilles ne correspond donc à rien de défini ou de constant dans l'état physiologique de ces organes, et par conséquent dans leur chimisme ; l'existence de certaines substances, de glucosides par exemple, dans les feuilles au moment de leur chute, ne peut donc prêter à aucune interprétation quant au rôle de ces substances. Le fait que les organes tombent n'est pas suffisant pour nous éclairer sur le rôle des substances qu'ils contiennent ; la connaissance de leur état physiologique et des manifestations vitales dont ils sont le siège à ce moment pourrait seule nous renseigner.

2° Les feuilles qui tombent renferment encore une importante proportion de composés azotés et de substances hydrocarbonées utilisables. André (1) a même montré que les amides s'accumulent à la fin de la végétation dans les feuilles de Châtaignier jusqu'au moment de leur chute. De même, Leclerc du Sablon (2) a constaté que les sucres s'accumulent dans les feuilles à la fin de la période végétative chez le Châtaignier, le Poirier, le Cognassier, le Framboisier ; dans les feuilles de ces deux dernières espèces les composés amylacés eux-mêmes augmentent à la fin de la végétation. J'ai montré également que les feuilles tombées d'*Æsculus* renferment plus de composés hydrocarbonés que les feuilles se trouvant encore sur l'arbre quelques jours avant la chute. Les feuilles tombées de *Robinia*, de *Sorbus*, sont plus riches en sucres qu'avant de se détacher de l'arbre (3).

On ne peut donc dire que toutes les substances utiles contenues dans les feuilles émigrent vers les parties vivaces avant que ces organes ne quittent la plante ; certains composés dont la valeur nutritive est indiscutable, amides, hydrates de carbone, persistent au contraire dans les feuilles qui sont tombées et s'y accumulent même parfois à ce moment.

(1) André. Sur l'élaboration de la matière azotée dans les feuilles des plantes vivaces. *(C. R. Ac. Sc.*, T. CXLVIII, pp. 1685-1687, 1909).

(2) Leclerc du Sablon. Recherches physiologiques sur les matières de réserve des arbres. *(Rev. gén. de Bot.*, T. XVI, pp. 341-368, 386-401, 1904).

(3) Raoul Combes. Variations subies par les composés hydrocarbonés dans les feuilles à l'époque de la chute de ces organes. *(C. R. de l'Ass. fr. p. l'avanc. des Sciences*, Congrès de Lille, pp. 525-531, 1909).

Par conséquent, la persistance des glucosides, constatée dans certains cas chez les feuilles tombées, ne peut conduire à faire considérer ces substances comme des principes inutiles ou toxiques pour la plante qui les produit.

3° *Persistance des glucosides dans les organes maintenus à l'obscurité pendant un temps assez long.* — La persistance de l'hespéridine dans différents végétaux maintenus à l'obscurité pendant deux mois tend à faire considérer ce glucoside comme inutilisable par les espèces qui le produisent. Il ne peut y avoir là qu'une probabilité et non une certitude. Il faudrait dans ce cas suivre en même temps que l'évolution du glucoside celle des divers principes dont le rôle est connu. Peut-être, d'autre part, le glucoside étudié ne peut-il être utilisé que dans des transformations exigeant le concours de la lumière pour se produire. C'est ainsi par exemple que l'asparagine n'est utilisée par les plantes que lorsque ces dernières se trouvent dans des conditions où l'assimilation chlorophyllienne est possible.

En résumé, les différents faits invoqués en faveur de l'opinion qui envisage les glucosides comme des déchets de l'activité cellulaire ne peuvent donc être pris sérieusement en considération. On ne doit pas toutefois en conclure que ces corps ne peuvent pas constituer des déchets, mais seulement que rien ne prouve actuellement qu'ils se comportent comme tels. Il est d'ailleurs difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'établir un critérium certain permettant de considérer une substance produite par les végétaux à chlorophylle comme un excrétat. On pourrait même aller jusqu'à dire que l'existence d'une fonction d'excrétion, chez les végétaux verts, envisagée comme la formation de substances de déchet définitivement inutilisables par les plantes et leur élimination ou leur accumulation dans certains tissus, est encore hypothétique, et par conséquent que l'opinion suivant laquelle certaines substances déterminées constituent chez ces plantes des déchets inutilisables de l'activité cellulaire, est également hypothétique. La plupart des composés qui ont été jusqu'à ces temps derniers considérés comme des produits d'excrétion, sont en réalité des substances dont on ignore complètement le rôle physiologique ; et à mesure que nos connaissances se complètent, on constate que les corps envisagés comme des déchets inutilisables deviennent peu à peu moins nombreux. C'est ainsi par exemple que les huiles essentielles, qui, il y a vingt ans, étaient envisagées sans discussion comme des substances d'excrétion, ne sont plus considérées, maintenant, de cette manière, grâce à la lumière qui a été jetée sur leur histoire par les beaux travaux de Charabot, Laloue et Hébert (1), mais au contraire comme des composés qui sont utilisés par les plantes productrices. Le produit ultime de l'oxydation des corps organiques, l'anhydride carbonique, devient lui-même le principal aliment carboné lorsqu'il arrive dans les cellules à chlorophylle. Il est donc difficile actuellement de caractériser avec certitude un principe immédiat contenu dans une plante à chlorophylle comme un déchet inutilisable, car nous ne connaissons actuellement aucun des composants de ces végétaux qui nous apparaissent nettement comme tel. Cette absence de critérium ne permet pas d'ailleurs de conclure à l'inexistence des excrétats végétaux.

Par contre, nous venons de voir que l'on peut trouver dans l'étude des variations de quantités des principes immédiats pendant certains stades de la vie des végétaux, de bons critériums de l'utilisation de ces substances, à condition que les variations soient mises en évidence par des méthodes non critiquables. Nous avons vu que ce sont seulement les cas où il y a diminution ou disparition des substances, pour le sujet présent des glucosides, qui peuvent fournir des données certaines, mais encore à la condition que les recherches permettent de définir le sort des substances disparues.

L'étude de l'évolution des glucosides chez les plantes qui les produisent dans les conditions normales et auxquelles on les fait absorber artificiellement, constitue une autre méthode de recherche susceptible également d'amener à des conclusions définitives. C'est cette dernière qui a été appliquée dans les recherches dont les résultats vont être exposés ci-dessous.

⁂

L'opinion de la grande majorité des auteurs est donc en faveur de l'utilisation possible des glucosides, et d'autre part les preuves émises à l'appui de cette manière de voir, quoiqu'encore incomplètes, sont plus solidement établies que celles qui ont servi à étayer l'opinion contraire. On ne peut toutefois considérer cette dernière comme dénuée de tout fondement.

---

(1) E. Charabot et G. Laloue. (*Bulletin de la Société Chimique* et *C. R. Ac. Sc.*, 1903 à 1907).

E. Charabot et Hébert. (*id.*, 1904 et 1905).

Les recherches qui vont être exposées ci-dessous ont été entreprises sans idée préconçue. Je n'ai pas, en les commençant, eu pour but de chercher des preuves en faveur de l'une ou de l'autre opinion, mais j'ai seulement voulu essayer de constater ce que deviennent les glucosides dans l'organisme végétal dans des conditions et à des périodes du développement déterminées. Il semble d'ailleurs résulter des faits actuellement connus que tous ces corps, que nous réunissons sous l'appellation de glucosides, ne se comportent pas de la même manière chez les diverses espèces végétales qui les produisent. D'autre part, ce que nous savons sur d'autres principes immédiats mieux connus, le glucose par exemple, qui est tantôt le résultat de la désintégration de molécules complexes, tantôt une réserve nutritive, parfois une forme de transport des hydrates de carbone, ou encore un composé transitoire, un corps aux dépens desquels s'édifient des molécules plus complexes, un aliment respiratoire, etc., autorise à penser qu'il est possible qu'un même glucoside joue un rôle différent suivant le stade du développement de la plante qui le produit et suivant l'organe que l'on considère. Il ne faut donc pas vouloir voir simplement dans un glucoside déterminé soit une substance de réserve, soit un déchet de l'activité cellulaire ; la question est moins simple. Pour déterminer le rôle physiologique joué par les glucosides dans l'organisme des végétaux, il faut suivre leur histoire à travers les divers stades de l'existence des plantes qui les produisent, ces dernières étant étudiées dans des conditions diverses de développement.

III. TECHNIQUE

Les différentes techniques adoptées dans ces recherches ont toutes eu pour but de permettre la culture de végétaux supérieurs en milieux renfermant des doses diverses de glucosides et en milieux témoins dépourvus de ces composés.

Les solutions de glucosides étant rapidement envahies par les microorganismes de l'atmosphère, il était indispensable d'opérer à l'abri de ces microorganismes. Toutes les plantes sur lesquelles ont porté les recherches ont donc été cultivées dans des solutions préalablement stérilisées et dans des conditions telles qu'aucun microorganisme ne pût s'introduire dans les milieux pendant les semis ou au cours du développement des plantes.

Dans les méthodes expérimentales que j'ai employées, les racines des végétaux se développent dans le liquide nutritif stérile, et les parties aériennes se trouvent dans l'air; mais ces méthodes, au nombre de trois, diffèrent par les conditions spéciales dans lesquelles se développent les parties aériennes.

La première de ces méthodes que je décrirai ici comporte le développement des organes souterrains dans le liquide nutritif et celui des organes aériens à l'air libre; elle permet de cultiver même des plantes d'assez grande taille, pendant toute la durée de leur végétation. Les parties aériennes se développent librement dans l'air, assimilent, respirent et transpirent d'une manière normale. Cette méthode permet d'étudier l'action exercée par un principe immédiat déterminé, un glucoside par exemple, sur la morphologie des plantes en culture, sur la formation de substance sèche par ces plantes, et de mettre en évidence la possibilité ou la non possibilité pour les végétaux en expérience d'absorber et d'utiliser le principe immédiat étudié. Les plantes cultivées dans ces conditions peuvent atteindre un poids assez élevé.

Les deux autres méthodes que j'ai utilisées comportent le développement des organes aériens dans une atmosphère plus ou moins confinée ayant été stérilisée en même temps que le liquide nutritif et restant stérile pendant toute la durée des cultures, soit parce qu'il ne peut se faire d'échanges entre cette atmosphère et l'air extérieur, cette atmosphère étant rigoureusement limitée, soit parce que les échanges qui s'effectuent entre l'atmosphère dans laquelle se trouvent les parties aériennes des plantes et l'air extérieur ne peuvent avoir lieu qu'à travers un bouchon de coton stérilisé qui ne se laisse pas traverser par les microorganismes.

L'une de ces deux dernières méthodes permet la culture de petites plantes pendant leur développement complet ou de plantes de grande taille pendant les premiers stades seulement de leur végétation. Les racines des plantes se développent dans un milieu liquide sans qu'il soit nécessaire de faire usage d'un substratum, ce qui permet de suivre facilement l'action du milieu sur la morphologie des racines pendant toute la durée des cultures. Les expériences entreprises dans ces conditions permettent de faire les mêmes déterminations que celles qui peuvent être faites en suivant la première méthode. Cette seconde technique, beaucoup plus simple que la première, est employée lorsque les recherches n'exigent pas le développement prolongé de grandes plantes et la croissance des organes aériens à l'air libre.

La dernière méthode nécessite l'emploi d'un substratum de gélose ou mieux de pierre ponce. Elle ne permet, comme la précédente, que la culture de petites plantes. Les racines ne se développent plus dans une solution, mais soit dans une gelée constituée par un liquide de culture solidifié au moyen de gélose, soit à la surface de petits fragments de pierre ponce immergés dans le liquide de culture. Cette technique permet comme les deux précédentes d'étudier l'action exercée par un principe immédiat déterminé sur la production de substance sèche par les plantes en culture; mais, à cause de la nécessité d'employer un substratum, il devient difficile, sinon impossible, lorsqu'on y a recours, de suivre l'action du principe immédiat sur la morphologie des racines et de déterminer par des dosages si le principe étudié est absorbé par ces plantes. Cette méthode a été employée dans le cas où l'on voulait étudier seulement l'action d'un glucoside sur la production de substance sèche et sur la morphologie des organes aériens.

Je vais indiquer ces trois méthodes, et j'en décrirai tous les détails, ces procédés de culture pouvant être utilisés pour l'étude de nombreuses questions de physiologie et ne donnant de bons résultats qu'à condition que toutes les opérations qu'ils comportent soient effectuées avec soin et dans leurs moindres détails.

A. — Première technique.

Avant de commencer ces recherches sur le rôle physiologique des glucosides dont j'expose ici les résultats, j'ai entrepris un certain nombre d'essais en vue d'établir une méthode de culture qui permît de faire développer des végétaux supérieurs dans des conditions aussi voisines que possible du développement normal des plantes, mais de telle sorte que leur appareil souterrain fût maintenu pendant toute la durée de la végétation dans un milieu rigoureusement stérile.

Cette méthode, qui devait pouvoir être appliquée à la culture des plantes en milieux renfermant les principes immédiats carbonés les plus divers, devait répondre aux conditions suivantes :

1° Les racines des plantes devaient se développer dans un milieu liquide de constitution connue pouvant rester stérile pendant toute la durée des cultures.

2° L'emploi d'un substratum dissous ou immergé dans le liquide de culture ne devait pas être nécessaire, de façon qu'il fût possible, pendant toute la durée des expériences, de suivre l'effet du liquide employé sur le développement des racines.

3° Les organes verts des plantes qui, dans les conditions normales, se développent à l'air libre, devaient dans cette méthode se développer également en plein air.

4° La culture devait pouvoir être continuée pendant aussi longtemps que l'exigeraient des expériences de longue durée sans que la pureté du liquide nutritif fût altérée.

5° Des prélèvements et des additions devaient pouvoir être faits aseptiquement dans le liquide de culture au cours du développement des plantes de manière qu'il fût possible de déterminer à divers stades de la végétation les modifications survenues dans la composition du milieu et de remplacer le liquide absorbé et transpiré.

6° Le milieu de culture restant à la fin des cultures devait pouvoir être recueilli entièrement, et faire l'objet de dosages tendant à déterminer exactement les quantités de composés ayant été absorbées par les plantes au cours des expériences.

7° Cette méthode devait comporter une technique assez simple pour permettre de cultiver en même temps un grand nombre d'individus.

J'établis en 1908 un premier modèle de flacon à culture dont je fis construire un certain nombre d'exemplaires. Les premières expériences entreprises cette même année avec le Maïs, le Cresson alénois et le Volubilis me permirent d'obtenir de belles plantes (fig. 1) que je laissai se développer pendant plusieurs mois sans que le milieu nutritif qui, dans ce cas, renfermait du glucose, se fût contaminé.

Comme on peut le voir sur la photographie reproduite dans la figure 2, ces premiers flacons à culture ne présentaient pas de tubulure latérale permettant de faire les prélèvements et les additions de milieux nutritifs qui peuvent être nécessaires au cours des expériences.

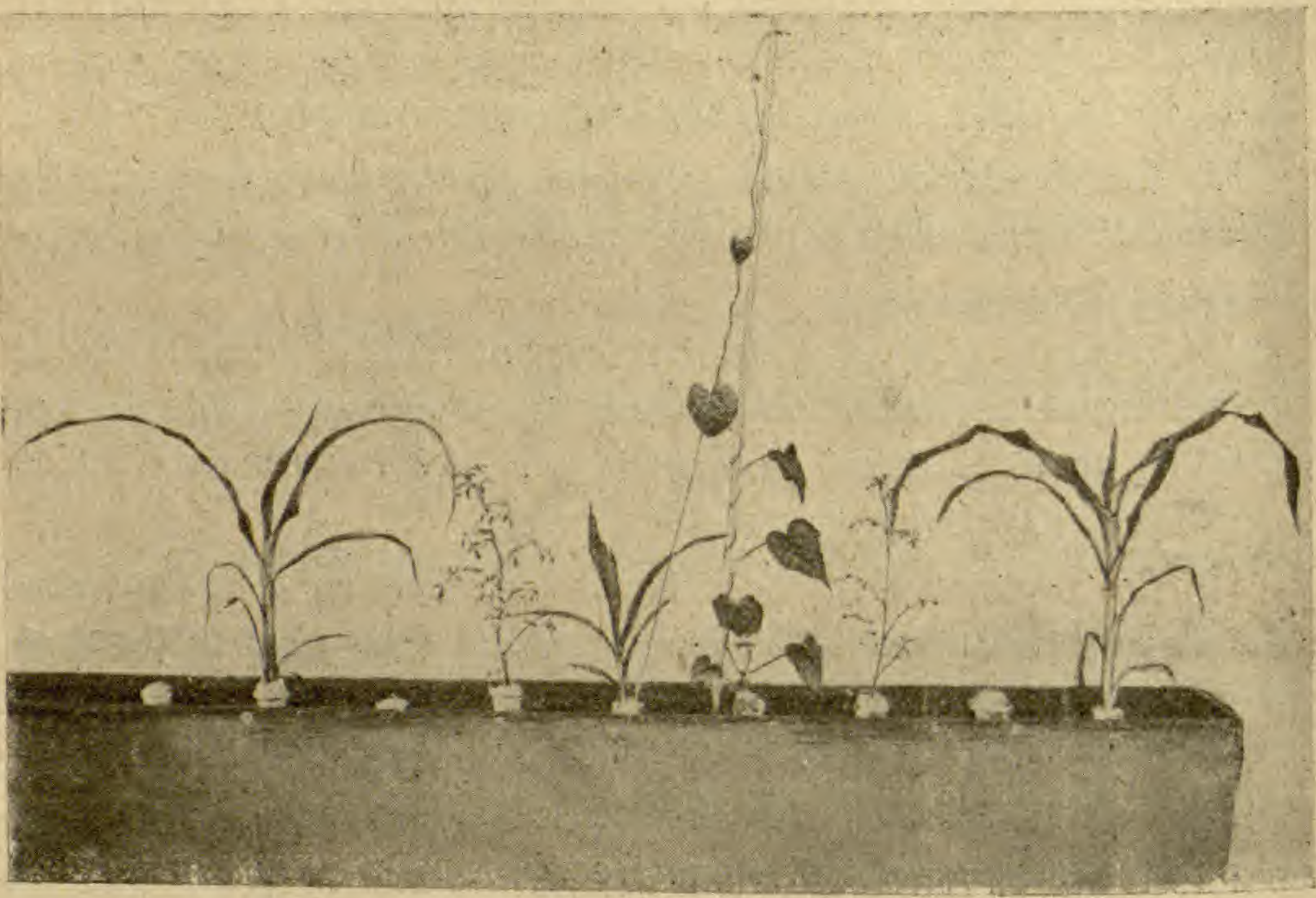


Fig. 1 — Premiers essais de culture pure des plantes supérieures, les organes aériens se développant librement dans l'air.

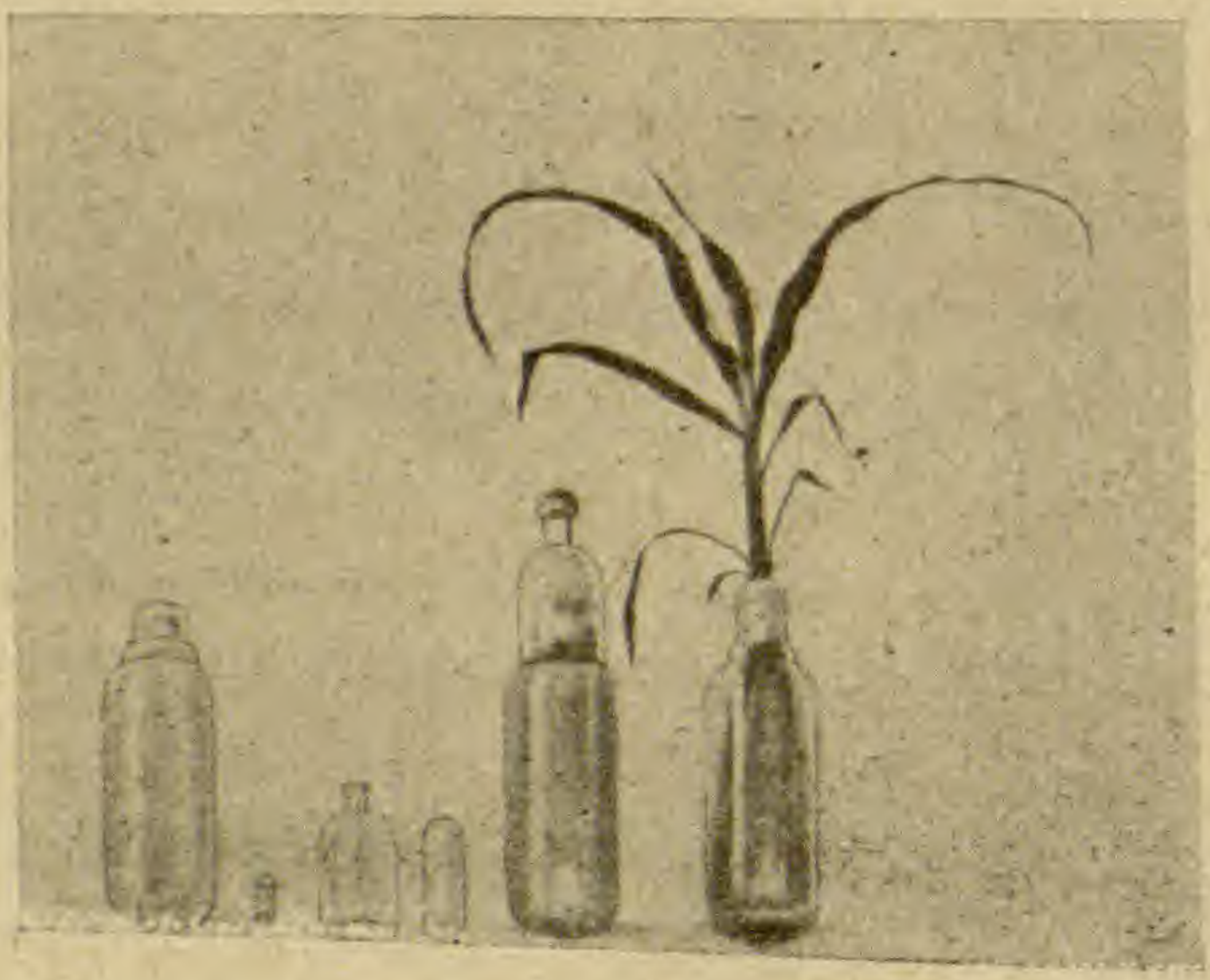


Fig. 2. — Premier modèle de flacon à culture.

L'année suivante, en 1909, je modifiai légèrement mon premier modèle et j'ajoutai une tubulure latérale ; je fis construire cent exemplaires d'après ce modèle nouveau et j'entrepris une seconde série de cultures. Les résultats obtenus m'engagèrent à considérer ce dernier appareil comme définitif. C'est cet appareil, et la technique établie dans cette seconde série de cultures qui furent utilisés en 1910, 1911, 1912 et 1913, et servirent à une partie des recherches sur les glucosides qui font l'objet de ce Mémoire.

J'ai décrit rapidement ce flacon à culture dans une Note parue en 1912 (1) et j'ai donné quelques indications relatives aux différentes manipulations que comporte la technique de culture basée sur l'emploi de cet appareil. Un grand nombre de détails opératoires n'ont cependant pu trouver place dans cette courte Note ; je vais exposer ici d'une manière détaillée les différentes parties de ces manipulations.

La technique complète comporte les différentes opérations suivantes :

1° Préparation de la verrerie.

2° Montage et stérilisation des appareils.

3° Préparation et stérilisation des milieux de culture.

4° Transvasement aseptique des milieux de culture dans les flacons, et analyse de ces milieux avant la culture.

5° Stérilisation des graines et mise en train de la germination.

6° Transport des graines germées dans les flacons de culture.

7° Enlèvement des cloches.

8° Récolte des plantes, analyse des milieux après les cultures, et contrôle de la stérilité de ces milieux.

1° *Préparation de la verrerie.* — Le matériel nécessaire comprend :

1° Des flacons à culture.

2° Des ballons à fond plat de 1500 c.c. de capacité, à tubulure latérale effilée.

3° Des tubes à essais.

4° Un appareil à stérilisation et lavage des graines.

Chaque flacon à culture se compose essentiellement d'un flacon en verre (ne renfermant pas de sels toxiques), à fond arrondi, d'un litre de capacité environ et présentant deux tubulures, une supérieure et une latérale. La figure I de la Planche 1 (Tome 29) représente les différentes phases de la technique de culture : en 1, le flacon démonté ; en 2, le flacon venant d'être ensemencé ; en 3, le flacon renfermant une plante en voie de développement. La figure 3 ci-contre est la représentation schématique d'un flacon monté. On voit que la partie supérieure est pourvue d'un renflement volumineux r et se termine par un col étranglé à la base en e^1. La région renflée est séparée du reste du flacon par un autre étranglement très prononcé e^2. La tubulure latérale, qui ne présente aucun étranglement a une longueur égale à un peu plus de deux fois la longueur de l'ensemble du col et du renflement.

---

(1) Raoul Combes. Sur une méthode de culture des plantes supérieures en milieux stériles. (*C. R. Ac. Sc.*, T. CLIV, p. 891, 1912).

En outre de ce flacon à culture, chaque appareil comprend encore un petit tube de verre cylindrique creux, ouvert à ses deux extrémités (fig. I, Pl. 1, T. 29), une cloche tubulée pouvant s'adapter sur le flacon autour de la tubulure supérieure, et enfin deux capuchons destinés à coiffer, l'un la tubulure latérale du flacon, l'autre la tubulure de la cloche.

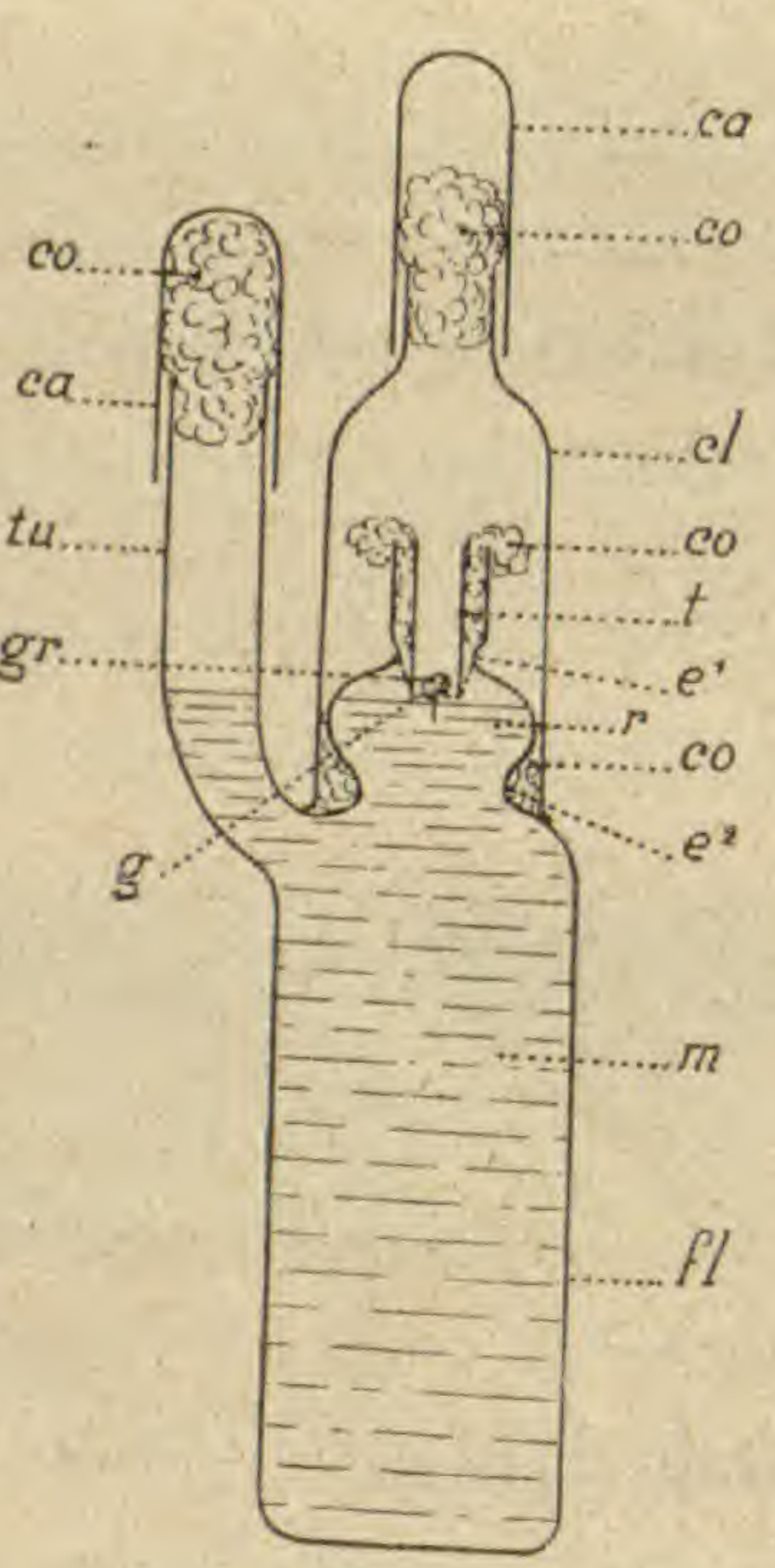


Fig. 3. — Schéma du flacon à culture après l'ensemencement.

Les ballons à fond plat de 1500 c.c. de capacité présentent une tubulure coudée deux fois à angle droit et effilée ; ils sont destinés à recevoir le milieu de culture dès que la préparation en est terminée. C'est dans ces ballons que le milieu de culture est stérilisé si la stérilisation se fait à chaud ou qu'il est reçu aseptiquement si la stérilisation a lieu par filtration à la bougie. La figure II (T. 29, Pl. 1), montre un de ces ballons maintenu dans la pince d'un support et incliné.

Les tubes à essais sont destinés à recevoir les graines préalablement stérilisées ; c'est dans ces tubes que la germination a lieu.

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

SEWARD A. C. — **Fossil plants.** A Text Book for students of Botany and Geology. Vol. III (Cambridge, at the *University Press* 1917).

Il est malheureusement impossible de donner ici une analyse détaillée d'un ouvrage de l'importance de celui de Seward, dont la publication vient encore enrichir la littérature scientifique anglaise qui possède déjà nombre de traités généraux intéressants. Nous ne pouvons, en quelques lignes, que donner au lecteur une faible idée de la masse de documents que contient ce nouveau volume.

L'ouvrage porte en frontispice le portrait de R. Zeiller et a été, par une délicate attention, dédié à la Mémoire de notre éminent paléontologiste français : « To the Memory of my friend Charles René Zeiller, illustrious as a man of science and a noble-hearted Gentleman whom to know was to revere ».

Le 1er chapitre (28e du traité ; p. 1-34) est consacré à l'étude des Cycadales récentes dont il est indispensable de connaître l'organisation pour comprendre celle de la plupart des Gymnospermes fossiles.

Les groupes sont examinés ensuite dans l'ordre suivant.

I. PTÉRIDOSPERMÉES. — 1° Les *Lyginoptéridées* (p. 35-85), c'est-à-dire les Ptéridospermées pourvues d'un involucre autour de l'ovule, à tige dite monostélique et à fronde du type *Sphenopteris,* sont examinées en détail avec les *Lyginopteris* (l'auteur rejette en synonymie le nom de *Lyginodendron)* et les *Heterangium,* 2° Les *Médullosées* (p. 86-163) qui ont leurs ovules privés d'involucre, la tige dite polystélique et les frondes des types *Nevropteris, Alethopteris, Odontopteris,* etc. ; les tiges des divers *Medullosa* sont étudiées anatomiquement ainsi que les pétioles *(Myeloxylon).* Les microsporophylles [*Potonica* Zeiller] sont connus dans *Nevropteris heterophylla, gigantea, Carpentieri ;* enfin les ovules *(Trigonocarpus)* sont étudiés. Aux Medullosées se rattachent, en outre, les genres *Codonotheca, Whittloseya* (considéré habituellement comme une Ginkgoale), *Dolerophyllum, Ottokaria, Strobilites, Colpoxylon, Rhexoxylon, Sutcliffia.* 3° Les *Steloxylées* (p. 163-165) représentées par un genre connu par la tige et les bases de feuilles, et très voisines des Médullosées. 3° Autres Ptéridospermées connues en général seulement par des empreintes (p. 166-174) : le *Pecopteris Plukeneti* diffère de toutes les autres par ce fait que les ovules y remplacent nettement des folioles latérales ; l'*Eremopteris artemisiæfolia* dont les graines, qui n'ont du reste jamais été trouvées fixées, étaient nommées *Samaropsis,* le genre *Wardia* connu par des feuilles *(Ancimites)* avec des ovules remplaçant des folioles terminales comme dans les Médullosées, mais à symétrie bilatérale.

II. Cycadofilices. — Dans ce groupe sont rangées les tiges fossiles qui, en l'absence de toutes données sur l'appareil reproducteur, ne peuvent être rangées dans les Ptéridospermées : *Megaloxylées (Megaloxylon,* p. 175-180) ; *Rhetinangiées (Rhetinangium,* p. 181-183) ; *Stenomyélées (Stenomyelon,* p. 183-185) ; *Cycadoxylées (Cycadoxylon, Ptychoxylon,* p. 185-190) ; *Calamopityées (Calamopitys, Eristophyton,* p. 190-200) ; *Cladoxylées (Cladoxylon, Völkelia,* p. 200-210) ; *Protopityées (Protopitys,* p. 210-213).

III. Cordaitales. — 1° Les *Poroxylées* (p. 214-219) constituent un petit groupe connu surtout par la structure de la tige des *Poroxylon*. 2° Les *Cordaïtées* (p. 219-284), sont les mieux connues et les plus importantes, avec les genres *Cordaites, Mesoxylon, Niponophyllum, Titanophyllum ;* l'auteur crée le genre *Pelourdea* pour les anciens *Yuccites*. 3° Les *Pityées* comprennent les genres *Pitys, Archæopitys, Callixylon, Cœnoxylon, Parapitys, Mesopitys, Antarticoxylon.*

Un chapitre spécial (p. 300-365) est consacré à l'étude des « graines paléozoïques » car on ne sait encore sur quels types de plantes étaient fixées beaucoup d'entre elles. Elles sont étudiées dans l'ordre suivant : 1° Lagenostomales *(Physostoma, Conostoma, Sphærostoma, Lagenostoma, Gnetopsis ;* 2° Trigonocarpales *(Trigonocarpus, Tripterospermum, Ptychotesta, Hexapterospermum, Pachytesta, Stephanospermum, Polylophospermum, Codonospermum, Ætheotesta, Eriotesta, Gaudryia) ;* 3° Cardiocarpales *(Cardiocarpus, Cyclospermum, Cycadinocarpus, Rhabdospermum, Mitrospermum, Diplotesta, Leptocaryon, Taxospermum, Compsotesta, Samaropsis, Cordaicarpus) ;* 4° autres graines peu connues *(Hexagonocarpus, Decagonocarpus, Polypterocarpus, Rhynchogonium, Boroviezia, Diplopterotesta, Musocarpus, Holeospermum, Malacotesta, Carpolithes.*

IV. Cycadophytes. – L'auteur examine ensuite les autres Gymnospermes, principalement secondaires, pour lesquelles il conserve, avec Nathorst, le nom de Cycadophytes. 1° Bennettitales. Les *Cycadeoidea* sont longuement examinés (p. 367-417), puis les *Cycadella* (p. 417), *Amphibennettites* (p. 418), *Vectia* (p. 419-420), *Williamsonia* (p. 421-462) dont l'étude est particulièrement intéressante, *Wielandiella* (p. 463-467), *Williamsoniella* (p. 467-473), *Cycadocephalus* (p. 473-475), *Weltrichia* (p. 475-477). 2° Les tiges cycadéennes autres que celles des *Cycadeoidea*, avec les *Bucklandia, Cycadeomyelon, Colymbetes, Cycadolepis,* et les organes reproducteurs autres que ceux des Bennettitales avec les *Carpolithus, Cycadospadix, Beania, Zamiostrobus, Androstrobus,* font l'objet d'un chapitre particulier (p. 478-506).

Enfin le dernier chapitre est consacré à l'étude des empreintes de frondes de Cycadophytes (p. 507-591) ; 1° Bennettitales *(Ptilophyllum, Zamites, Otozamites, Dictyozamites, Pterophyllum, Cycadites, Pseudocycas) ;* 2° Nilssoniales *(Nilssonia, Ctenis, Pseudoctenis) ;* 3° Incertæ sedis *(Spheuozamites, Plagiozamites, Cycadorachis).* Une copieuse bibliographie termine l'ouvrage qui est en outre abondamment illustré de photographies et de schémas.

Sans pouvoir entrer dans plus de détails, nous ne pouvons que souhaiter de voir le traité de Seward entre les mains non seulement des étudiants, mais de tous les botanistes. René VIGUIER

HELEN M. GILKEY. — **A revision of the Tuberales of California** (Revision des Tubéracées de Californie). (*University of California, publications in Botany,* Vol. 6, pp. 275-356, 1916).

D'après son titre, ce travail paraît n'avoir qu'une modeste portée. Sa partie principale, en effet, est une description détaillée des espèces d'un groupe assez limité. Même à ce point de vue ce mémoire a de l'intérêt, parce qu'il augmente nos connaissances sur ce groupe et sur la Flore mycologique de la région étudiée, puisqu'on y trouve la description d'une quinzaine d'espèces nouvelles, et l'indication d'un genre nouveau, *Hydnotriopsis.*

Mais il a en outre une portée générale, car l'auteur a soin d'y exprimer des idées sur les affinités des divers genres de la famille. Ces idées sont résumées dans un schéma qui montre comment l'on arrive, par des complications successives du genre *Hydnocystis*, aux *Piernonia* d'une part, en passant par les genres *Pseudobalsamia, Hydnotria*, *Tuber*, et aux *Terfezia* et *Delestria* d'autre part en passant par les genres *Balsamia, Hydnotriopsis* et *Chœromyces.*

Quatre planches donnent des dessins très bien faits de coupes anatomiques de la fructification en général, ou d'asques et de spores d'un certain nombre d'espèces. Léon DUFOUR

R. M. GATTEFOSSÉ ET L. LAMOTTE. — **Culture et industrie des plantes aromatiques et des plantes médicinales de montagne** (1 volume, 188 pages, 64 gravures. — *Editions scientifiques françaises,* 25, Rue Lauriston, Paris, 1917).

C'est une réédition de l'ouvrage de L. Lamotte « Lavande et Spic », auquel R. M. Gattefossé a ajouté de très nombreuses observations personnelles ainsi que des indications pratiques relatives à diverses plantes intéressantes au point de vue industriel et médical, et dignes d'attirer l'attention de ceux qui s'intéressent à la culture et à la récolte des plantes médicinales.

Les diverses variétés de Lavande intéressantes à cultiver sont successivement passées en revue ; puis les auteurs traitent de la culture des Lavandes et donnent de nombreux renseignements sur l'utilisation et l'amélioration des champs de Lavandes naturels, sur les maladies qui s'attaquent à ces plantes, la récolte des fleurs, la distillation de l'essence, les usages de l'essence de Lavande, l'exportation des calices. Viennent ensuite deux chapitres relatifs aux améliorations à apporter à l'exploitation de la Lavande : création de lavanderaies artificielles, estimation de la valeur d'une essence par dosage de l'acétate de linalyle.

L'ouvrage comprend enfin une série de chapitres traitant de la culture, de la récolte et de l'utilisation de l'Aspic, du Thym, de la Sauge sclarée, du Romarin, de l'Hysope, de la Camomille, du Tilleul, de l'Angélique. Il se termine par un calendrier des plantes médicinales indiquant pour chaque mois les récoltes qui doivent être faites.

Ce volume renferme une grande quantité de renseignements pratiques relatifs à la culture et à la récolte des plantes médicinales. Il est destiné à rendre de précieux services à tous ceux qui s'intéressent à ces questions.

R. Combes

J. Braun-Blanquet. — **Die Föhrenregion des Centralalpentäler insbesondere Graubündens in ihrer Bedeutung für die Florengeschichte.** Genève 1917.

La « région » du Pin silvestre qui s'étend des Alpes maritimes aux Alpes de Carinthie forme une région biogéographique nettement délimitée. Caractérisée phytogénétiquement par la présence de nombreuses néoendémiques d'origine pontique ou méditerranéenne, elle se distingue au point de vue floristique par la dominance du Pin silvestre et du Chêne blanc, le recul du Hêtre, l'existence d'associations steppiques *(Stipa, Festuca vallesiaca, Bromus erectus)* et d'espèces endémiques de caractère relictuel.

L'immigration des espèces xérophiles et thermophiles a eu son maximum, pour les Grisons, le Tyrol central et le Valais, durant le stade Bühl-Gschnitz. Les lacunes dans l'aire de beaucoup d'espèces sont dues aux variations climatiques postérieures et à l'influence de l'homme.

Le climat continental actuel des vallées de la région du Pin silvestre favorise l'extension des xérophiles-survivantes aussi bien qu'immigrées récentes. Ce fait contredirait l'hypothèse d'une aggravation récente des conditions climatiques.

A.-Pierre Allorge

Nemours. — Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DES VARIATIONS
DE LA RESPIRATION DES VÉGÉTAUX AVEC L'AGE

par **M. G. NICOLAS.**

L'étude de l'influence de l'âge sur la respiration des végétaux a attiré de bonne heure l'attention des physiologistes.

De Saussure (1), en 1822, signale déjà que c'est au moment de l'épanouissement que les fleurs possèdent l'intensité respiratoire (rapportée à l'oxygène absorbé et à l'unité de poids frais) la plus élevée.

Garreau (2) démontre que les bourgeons et les jeunes pousses qui leur succèdent dégagent, à égalité de poids frais et sec et dans les mêmes conditions de température et de temps, environ une fois plus de CO^2 que les feuilles entièrement développées.

Cahours (3), sans mentionner les espèces étudiées, déclare que la fleur qui commence à se développer dégage un peu plus de CO^2 que celle qui a atteint son complet développement, et que le bouton consomme un peu plus d'oxygène que la fleur très épanouie, en faisant remarquer, toutefois, que les différences observées sont toujours très faibles.

Moissan (4) constate que, pour le Marronnier, le maximum de dégagement de CO^2 a lieu au moment de l'épanouissement des bourgeons, alors que les jeunes feuilles sont encore d'un vert tendre et qu'elles se développent très rapidement.

---

(1) Th. de Saussure. De l'action des fleurs sur l'air et de leur chaleur propre. (*Ann. de Chimie et de Phys.*, t. XXI, 1822).

(2) Garreau. Nouvelles recherches sur la respiration des plantes. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 3e série, t. XVI, pp. 271-292, 1851).

(3) Cahours. Recherches sur la respiration des fleurs. (*C. R. Ac. Sc.*, t. LVIII, 1864).

(4) Moissan. Sur les volumes d'oxygène absorbé et d'acide carbonique émis dans la respiration végétale. (*Annales Agronomiques*, t. V, 1879).

Bonnier et Mangin (1) ont montré que, chez les différentes plantes, aussi bien annuelles que vivaces, l'intensité respiratoire présentait deux maxima : l'un pendant la période germinative ou au moment de l'épanouissement des bourgeons, le deuxième au moment de la floraison. Quant au quotient respiratoire, il diminue du printemps à l'automne, pour les plantes vivaces, et passe par un minimum pendant la période germinative et par un maximum vers le milieu du développement, pour les plantes annuelles. Ces résultats, intéressants et nouveaux, notamment en ce qui concerne $\frac{CO^2}{O^2}$, ont été établis sans tenir compte de l'influence de la température, les expériences ayant été réalisées aux diverses saisons de l'année, à des températures, par suite, assez différentes.

Curtel (2) a observé que l'énergie respiratoire, très élevée chez les jeunes fleurs, diminue plus tard et que le quotient respiratoire, voisin de l'unité chez les fleurs en bouton, s'abaisse considérablement avec le développement.

Maige (3), reprochant à juste titre à Curtel d'avoir établi ses résultats d'après trois expériences seulement, a étudié les variations de l'intensité respiratoire aux divers stades du développement de la fleur, en rapportant cette intensité au poids frais, au poids sec, et à la fleur prise individuellement. Il a démontré que, rapportée au poids frais et au poids sec, l'intensité respiratoire diminue, sauf de rares exceptions, au cours du développement de la fleur, mais que, par contre, pour chaque fleur prise individuellement, l'énergie respiratoire croît sans cesse avec le développement, contrairement à l'opinion de Curtel.

Mme Maige (4), dans une étude sur la respiration des diverses pièces florales, a établi que l'intensité respiratoire, rapportée au poids frais, décroît toujours avec l'âge, sauf pour le gynécée, où fréquemment elle va en s'élevant au cours de l'évolution, et que la même intensité, rapportée à chaque organe individuellement, croît sans cesse avec l'âge, sauf pour l'anthère, où elle diminue à partir du milieu du développement. Quant au quotient respiratoire, il va tantôt en croissant, tantôt en décroissant, avec le développement, sauf pour l'étamine chez laquelle il décroît toujours. Les irrégularités que présentent les valeurs de $\frac{CO^2}{O^2}$ au cours du développement des sépales, des pétales et du gynécée résultent peut-être de l'action de pigments, qui, prenant naissance ou variant quantitativement au cours de l'évolution de la fleur, influeraient sur $\frac{CO^2}{O^2}$, vraisemblablement d'une manière indirecte, les recherches récentes de R. Combes ayant établi que la formation des glucosides anthocyaniques est une réduction et non pas, comme on le croyait généralement, un phénomène d'oxydation.

---

(1) Bonnier et Mangin. Recherches sur les variations de la respiration avec le développement des plantes. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 7e série, t. II, 1885).

(2) Curtel. Recherches physiologiques sur la fleur. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 8e série, t. VI, 1898. *Thèse de Paris*).

(3) Maige. Recherches sur la respiration de la fleur. (*Rev. gén. de Botanique*, t. XIX, 1907).

(4) Mme Maige. Recherches sur la respiration des différentes pièces florales (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 9e série, t. XIV, 1911. *Thèse de Paris*).

Les expériences comparatives de Curtel sur des variétés blanches et colorées de la même espèce montrent, en effet, que la pigmentation élève l'intensité respiratoire ainsi que $\frac{CO^2}{O^2}$ (c'est ce qu'indiquent, du moins, les valeurs de ce quotient calculées d'après les chiffres que donne Curtel). Cette influence des pigments, notamment de ceux du groupe des anthocyanes, s'explique facilement, si l'on admet que leur formation est accompagnée d'une accumulation dans les cellules de composés sucrés solubles, dont on connaît bien le rôle respiratoire. Je ferai remarquer, en passant, la contradiction qui existe entre les résultats de Curtel et ceux plus récents obtenus, à la suite de deux expériences seulement sur des fleurs de *Cobœa scandens*, par Rosé (1), qui, d'après les valeurs sensiblement constantes de $\frac{CO^2}{O^2}$ à quatre stades du développement, en conclut que la pigmentation est indépendante du phénomène respiratoire.

---

(1) Rosé. Etude des échanges gazeux et de la variation des sucres et des glucosides au cours de la formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs de *Cobœa scandens*. (*Rev. gén. de Botanique*, t. XXVI, 1914).

Toutes ces recherches ont bien établi que, d'une manière générale, les organes jeunes, en prenant leur poids pour unité, respirent davantage que les organes adultes. Quant au quotient respiratoire, les expériences trop peu nombreuses de Curtel, et celles de Bonnier et Mangin, dont nous avons indiqué le point faible, montrent qu'il diminue avec l'âge, autrement dit qu'il est plus élevé chez les organes jeunes que chez ceux qui ont atteint leur complet développement. De plus, en ce qui concerne la respiration intramoléculaire, les expériences de Stich (1) et de Amm (2) ont montré que le rapport $\frac{I}{N}$ s'accroît avec l'âge.

J'ai repris l'étude de cette question en me préoccupant surtout de suivre les variations de $\frac{CO^2}{O^2}$; quelques expériences sur la respiration intramoléculaire m'ayant fourni des résultats identiques à ceux de Stich et Amm, je n'ai pas cru utile d'étudier cette fonction pour chaque espèce.

J'ai expérimenté sur des feuilles, réduites aux limbes, coupées sur la même tige, les unes, au sommet, très jeunes, les autres, à la base, complètement développées, et quelquefois sur les fragments de tige supportant les feuilles en expérience. Les organes de même nature sont répartis chacun en deux groupes, pesés séparément et placés dans de l'air atmosphérique, à l'obscurité, dans les mêmes conditions de temps, de température et d'humidité. Pour l'étude de la respiration intramoléculaire, les organes qui ont été soumis aux conditions précédentes, sont introduits ensuite dans une atmosphère d'hydrogène.

L'intensité respiratoire a été rapportée au poids frais des organes. Les expériences, dont j'ai déjà donné les principaux résultats dans une courte Note (3), commencées au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, ont été poursuivies au Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences d'Alger par la méthode de

(1) Stich. Die Athmung der Pflanzen bei vermindeter Sauerstoffspannung und bei Verletzungen. *(Flora,* 1891).

(2) Amm. Untersuchungen über die intramolekulare Athmung der Pflanzen. *(Jahrb. für vissensch. Botanik,* 1893).

(3) Nicolas. Sur les variations de la respiration des végétaux avec l'âge. *(Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord,* t I, pp. 109-112, 1910).

l'atmosphère confinée, et les analyses de gaz faites avec l'appareil de Bonnier et Mangin par deux dosages successifs, l'un à la potasse indiquant CO^2, l'autre au pyrogallate de potasse donnant $CO^2 + O$; c'est, d'ailleurs, le procédé que j'ai toujours employé dans toutes mes recherches sur les échanges gazeux.

Etant donnés le poids en grammes des organes frais, le volume en centimètres cubes de l'atmosphère confinée, il est facile de calculer : CO^2 gr. heure ou N et O gr. heure représentant en centimètres cubes les quantités d'anhydride carbonique et d'oxygène mis en jeu par 1 gramme de poids frais pendant une heure, I gr. heure, ou l'anhydrique carbonique émis dans une atmosphère d'hydrogène dans les mêmes conditions, enfin $\frac{CO^2}{O^2}$, le quotient respiratoire, et $\frac{I}{N}$, le rapport de l'intensité de la respiration intramoléculaire à celle de la respiration normale.

Pour avoir exactement le volume de l'atmosphère confinée, il faut tenir compte du volume occupé par les organes, et, en supposant leur densité égale sensiblement à l'unité, il suffit de retrancher leur poids du volume de l'éprouvette préalablement jaugée. D'autre part, pour obtenir la proportion en centièmes des gaz absorbés ou dégagés, il est nécessaire de ne pas négliger la variation du volume de l'atmosphère pendant l'expérience ; il y a généralement plus d'oxygène absorbé que d'anhydride carbonique dégagé, ce qui entraîne une augmentation, apparente seulement, de l'azote ; il faut donc rapporter les quantités de CO^2 et d'O à une proportion d'azote égale à la proportion finale.

Olea europæa L.

Le 8 Mai, sept feuilles de l'année, déjà bien développées, et neuf feuilles de l'année précédente ont été coupées, les premières, au sommet, les autres, à la base du même rameau. Chacun des lots a été placé à l'obscurité dans une atmosphère confinée à 22° pendant trois heures.

$$\text{Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes}\left\{\begin{array}{l} CO^2 = 0{,}00. \\ O = 20{,}80. \\ Az = 79{,}20. \end{array}\right.$$

	FEUILLES DE L'ANNÉE	FEUILLES DE L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
Poids	= 1,097	0,870
Vol. at.	= 15,00	15,00
CO^2 %	= 7,55	2,75
$CO^2 + O$ %	= 19,16	20,10
O %	= 9,61	3,62
CO^2 gr. h.	= 0,319	0,1489
O gr. h.	= 0,406	0,1960
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,78	0,75

Le 20 Mai, sur un même rameau d'olivier, dix feuilles ont été coupées, cinq au sommet et cinq à la base ; chacun des lots de cinq feuilles a été placé d'abord dans l'air atmosphérique, puis dans de l'hydrogène, à l'obscurité, à 22° pendant une heure.

	FEUILLES DE L'ANNÉE	FEUILLES DE L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
Poids	= 0,491	0,582
Vol. at.	= 10,00	10,00
CO^2 %	= 1,25	0,80
I %	= 1,12	1,11
CO^2 gr. h.	= 0,2421	0,1295
I gr. h.	= 0,2169	0,1796
$\frac{I}{N}$	= 0,89	1,38

Bryonia dioica Jacq.

Le 28 Avril, sur la même tige portant déjà des fleurs, j'ai coupé, au sommet, quatorze limbes très jeunes et, beaucoup plus bas, deux autres limbes complètement développés. Chaque groupe a été placé à l'obscurité, d'abord dans de l'air atmosphérique, puis dans de l'hydrogène, à 20° pendant une heure trente minutes.

$$\text{Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes}\left\{\begin{array}{l} CO^2 = 0{,}00. \\ O = 20{,}80. \\ Az = 79{,}20. \end{array}\right.$$

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,440	3,696
Vol. at.	= 10,00	25,00
CO^2 °/₀	= 5,25	2,82
$CO^2 + O$ °/₀	= 20,36	19,30
O °/₀	= 5,79	4,69
I °/₀	= 0,69	0,58
CO^2 gr. h.	= 0,7605	0,1084
O gr. h.	= 0,8387	0,1802
I gr. h.	= 0,0999	0,0227
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,90	0,58
$\frac{I}{N}$	= 0,13	0,20

Lavatera olbia L.

Le 2 Mai, un peu avant la floraison, j'ai coupé sur deux ramifications voisines, au sommet, des limbes très jeunes, et, vers le bas, deux limbes complètement développés. Chaque groupe a été abandonné à l'obscurité, d'abord dans de l'air atmosphérique, puis dans de l'hydrogène, à 21° pendant une heure trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes $\left\{ \begin{array}{l} CO^2 = 0{,}00. \\ O = 20{,}80. \\ Az = 79{,}20. \end{array} \right.$

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,508	2,790
Vol. at.	= 10,00	25,00
CO^2 °/₀	= 5,11	4,04
$CO^2 + O$ °/₀	= 19,79	19,39
O °/₀	= 6,38	5,81
I °/₀	= 0,75	1,49
CO^2 gr. h.	= 0,7618	0,2144
O gr. h.	= 0,952	0,308
I gr. h.	= 0,1112	0,0789
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,80	0,69
$\frac{I}{N}$	= 0,14	0,36

Ruscus hypophyllum L.

Le 20 Janvier, quatre cladodes complètement développés ont été coupés sur un rameau de l'année n'ayant pas encore fructifié, quatre autres sur un rameau de l'année précédente ayant donné des fruits. Chaque lot a été placé à l'obscurité, d'abord dans de l'air atmosphérique, puis dans de l'hydrogène pendant trois heures à 15°.

	CLADODES DE L'ANNÉE	CLADODES DE L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
Poids	= 4,686	1,852
Vol. at.	= 25,00	15,00
CO^2 °/o	= 2,99	0,99
I °/o	= 2,78	1,30
CO^2 gr. h.	= 0,0442	0,0234
I gr. h.	= 0,0410	0,0306
$\frac{I}{N}$	= 0,92	1,31

Quercus coccifera L.

Le 4 Mai, j'ai prélevé sur le même rameau, au sommet, huit jeunes feuilles de l'année, à la base, huit autres feuilles de l'année précédente et les fragments de tige leur correspondant. Expérience à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 21° pendant trois heures trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
CO^2 = 0,14.
O = 20,66.
Az = 79,20.

	FEUILLES JEUNES DE L'ANNÉE	FEUILLES DE L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
Poids	= 0,998	1,417
Vol. at.	= 15,00	15,00
CO^2 °/o	= 10,95	4,80
$CO^2 + O$ °/o	= 19,45	19,72
O °/o	= 12,50	6,01
CO^2 gr. h.	= 0,4389	0,1315
O gr. h.	= 0,5011	0,1646
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,87	0,79

	FRAGMENT DE TIGE DE L'ANNÉE	FRAGMENT DE TIGE DE L'ANNÉE PRÉCÉDENTE
Poids	= 0,781	1,164
Vol. at.	= 15,00	15,00
CO^2 %	= 5,91	3,13
$CO^2 + O$ %	= 20,15	20,20
O %	= 6,58	3,74
CO^2 gr. h.	= 0,3146	0,1063
O gr. h.	= 0,3423	0,1270
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,89	0,83

Passiflora cærulea L.

Le 21 Mai, sur la même tige, j'ai coupé, au sommet, des limbes déjà un peu étalés et, vers le bas, des limbes complètement développés. Chaque lot a été placé à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 22° pendant deux heures trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00.$
$O = 20,80.$
$Az = 79,20.$

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,317	1,300
Vol. at.	= 10,00	15,00
CO^2 %	= 5,95	5,07
$CO^2 + O$ %	= 20,52	20,13
O %	= 6,30	5,91
CO^2 gr. h.	= 0,727	0,2137
O gr. h.	= 0,7698	0,2491
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,94	0,85

Psoralea bituminosa L.

Le 31 Mai, sur la même tige, j'ai coupé, au sommet, dix-huit folioles très jeunes et, à la base, cinq folioles complètement développées, ainsi que les fragments de tige qui les supportaient. L'expérience a été faite à l'obscurité à 24° pendant trois heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00.$
$O = 20,80.$
$Az = 79,20.$

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,405	2,558
Vol. at.	= 10,00	45,00
CO^2 °/°	= 9,60	3,91
$CO^2 + O$ °/°	= 20,03	20,09
O °/°	= 10,57	4,80
CO^2 gr. h.	= 0,7581	0,2161
O gr. h.	= 0,8347	0,266
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,90	0,81

	FRAGMENT DE TIGE DU SOMMET	FRAGMENT DE TIGE DE LA BASE
Poids	= 0,081	1,496
Vol. at.	= 4,00	15,00
CO^2 °/°	= 3,53	3,80
$CO^2 + O$ °/°	= 20.97	20,05
O °/°	= 3,31	4,75
CO^2 gr. h.	= 0,5693	0,1143
O gr. h.	= 0,5338	0,1429
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 1,06	0,80

Ampelopsis hederacea Michaux

Le 22 Août, j'ai coupé sur la même tige, au sommet, quelques feuilles très jeunes, et, à peu près vers le milieu, des feuilles complètement développées. Chaque lot a été exposé à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 19° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
CO^2 = 0,00.
O = 20,80.
Az = 79,20.

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,732	2,898
Vol. at.	= 15,00	25,00
CO^2 °/°	= 5,87	5,74
$CO^2 + O$ °/°	= 20,05	17,98
O °/°	= 6,81	9,28
CO^2 gr. h.	= 0,5721	0,2189
O gr. h.	= 0,6644	0,3542
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,86	0,61

Colutea arborescens L.

Le 24 Août, j'ai prélevé sur le même rameau portant de grosses gousses, au sommet, des limbes déjà bien développés, et, environ cinquante centimètres plus bas, d'autres limbes ayant atteint leur complet développement. L'expérience a été faite à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 17° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes $\left\{ \begin{array}{l} CO^2 = 0{,}00. \\ O = 20{,}80. \\ Az = 79{,}20. \end{array} \right.$

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,890	2,045
Vol. at.	= 15,00	25,00
CO^2 °/₀	= 9,34	3,43
$CO^2 + O$ °/₀	= 19,73	19,64
O °/₀	= 10,69	4,89
CO^2 gr. h.	= 0,7404	0,1925
O gr. h.	= 0,8481	0,2747
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,87	0,70

Œnothera biennis L.

Le 25 Août, sur un individu en pleine floraison, j'ai prélevé, au sommet, quelques limbes très jeunes et, cinquante centimètres plus bas, deux limbes complètement développés. Chaque lot a été placé à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 18° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes $\left\{ \begin{array}{l} CO^2 = 0{,}00. \\ O = 20{,}80. \\ Az = 79{,}20. \end{array} \right.$

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,885	4,318
Vol. at.	= 15,00	45,00
CO^2 °/₀	= 2,96	2,55
$CO^2 + O$ °/₀	= 20,32	19,96
O °/₀	= 3,57	3,61
CO^2 gr. h.	= 0,2360	0,1201
O gr. h.	= 0,2846	0,1701
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,83	0,70

Solanum nigrum L.

Le 27 Août, j'ai coupé sur la même tige, au sommet, de très jeunes limbes et, environ cinquante centimètres plus bas, des limbes complètement développés. L'expérience a été faite à l'obscurité à 16° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes { CO^2 = 0,00. O = 20,80. Az = 79,20.

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,680	4,380
Vol. at.	= 15,00	45,00
CO^2 %	= 3,24	2,16
CO^2 + O %	= 20,10	19,96
O %	= 4,12	3,22
CO^2 gr. h.	= 0,3412	0,1002
O gr. h.	= 0,4340	0,1495
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,78	0,67

Mercurialis annua L.

Le 28 Août, j'ai prélevé sur la même tige d'un individu mâle, au sommet, de jeunes limbes et, à la base, des limbes complètement développés. Chaque lot a été abandonné à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 17° pendant deux heures trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes { CO^2 = 0,00. O = 20,80. Az = 79,20.

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,187	1,798
Vol. at.	= 10,00	25,00
CO^2 %	= 3,30	3,51
CO^2 + O %	= 20,73	20,51
O %	= 3,38	3,87
CO^2 gr. h.	= 0,6927	0,1812
O gr. h.	= 0,7097	0,1997
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,97	0,90

Polygonum Persicaria L.

Le 29 Août, j'ai coupé sur la même tige d'un individu en fleurs, au sommet, de jeunes limbes et, à la base, des limbes complètement développés. Chaque lot a été laissé à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 16° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00.$
$O = 20,80.$
$Az = 79,20.$

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 0,348	3,152
Vol. at.	= 10,00	45,00
CO^2 °/°	= 2,38	2,66
$CO^2 + O$ °/°	= 20,32	20,13
O °/°	= 2,99	3,50
CO^2 gr. h.	= 0,330	0,176
O gr. h.	= 0,4145	0,2323
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,79	0,76

Ptelea trifoliata L.

Le 31 Août, j'ai coupé sur le même rameau, au sommet, de très jeunes folioles et, à peu près au milieu, des folioles complètement développées, ainsi que les fragments de tige qui les supportaient. L'expérience a été faite à l'obscurité à 15° pendant deux heures.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
$CO^2 = 0,00.$
$O = 20,80.$
$Az = 79,20.$

	LIMBES TRÈS JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 1,071	2,448
Vol. at.	= 15,00	25,00
CO^2 °/°	= 5,39	2,09
$CO^2 + O$ °/°	= 20,17	19,99
O °/°	= 6,18	3,11
CO^2 gr. h.	= 0,3505	0,0962
O gr. h.	= 0,4019	0,1431
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,87	0,67

	FRAGMENT DE TIGE JEUNE	FRAGMENT DE TIGE COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉE
Poids	= 0,442	3,480
Vol. at.	= 10,00	25,00
CO^2 %	= 2,39	2,86
$CO^2 + O$ %	= 20,63	20,49
O %	= 2,60	3,25
CO^2 gr. h.	= 0,2584	0,088
O gr. h.	= 0,2811	0,1005
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0.92	0,88

Spiræa opulifolia L.

Le 1er Septembre, j'ai coupé sur deux rameaux voisins, au sommet, de très jeunes limbes, et, à un mètre du sommet, des limbes bien développés. Chaque lot a été abandonné à l'obscurité dans de l'air atmosphérique à 17° pendant deux heures trente minutes.

Composition centésimale de l'atmosphère des éprouvettes
CO^2 = 0,00.
O = 20,80.
Az = 79,20.

	LIMBES JEUNES	LIMBES COMPLÈTEMENT DÉVELOPPÉS
Poids	= 1,648	3,388
Vol. at.	= 25,00	45,00
CO^2 %	= 8,56	3,84
$CO^2 + O$ %	= 19,87	19,73
O %	= 9,73	5,18
CO^2 gr. h.	= 0,4851	0,1887
O gr. h.	= 0,5508	0,2546
$\frac{CO^2}{O^2}$	= 0,88	0,74

Ces expériences, tout en confirmant les résultats bien connus relativement aux variations des valeurs de l'intensité respiratoire et de $\frac{I}{N}$ avec le développement, démontrent nettement, en outre, la décroissance de $\frac{CO^2}{O^2}$ avec l'âge. Au point de vue respiratoire, les organes végétatifs jeunes (feuille, tige) ont, comparativement aux mêmes organes ayant atteint leur complet développement, *une énergie respiratoire plus forte, un quotient respiratoire* $\frac{CO^2}{O^2}$ *plus élevé, et un rapport* $\frac{I}{N}$ *faible plus* (le poids frais pris pour unité).

Parmi les caractères morphologiques qui différencient les organes jeunes, notamment les limbes foliaires, des organes adultes, il faut noter, d'une part, l'absence d'une cuticule bien différenciée, ce qui permet une circulation très facile des gaz par toute la surface de la feuille, et, d'autre part, une moins grande quantité de chlorophylle, due autant au plus petit nombre des chloroplastes qu'à leur coloration moins verte.

J'ai établi dans mes recherches antérieures (1) que la physiologie respiratoire spéciale du limbe (comparativement aux autres organes : énergie respiratoire plus élevée, $\frac{CO^2}{O^2}$ et $\frac{I}{N}$ plus faibles) résultait principalement de la grande facilité que cet organe offre à la circulation des gaz. Ce caractère, qui se retrouve aussi chez les organes jeunes, ne saurait être invoqué pour expliquer leur respiration particulière, du moins en ce qui concerne $\frac{CO^2}{O^2}$, qu'il tendrait, au contraire, à abaisser ; il semble bien insuffisant également pour légitimer à lui seul les grandes différences constatées quelquefois dans les valeurs de l'intensité respiratoire (CO^2 gr. h. dégagé par les limbes jeunes étant parfois trois fois et demie et même sept fois plus élevé que CO^2 gr. h. émis par les mêmes organes complètement développés). Il en est de même de l'influence qu'exerce la quantité de chlorophylle ; j'ai vérifié (2), en effet, que ce pigment, considéré au point de vue quantitatif (feuilles étiolées ou panachées) tout en élevant légèrement l'intensité respiratoire et en abaissan $\frac{I}{N}$, n'agit pas sensiblement sur les valeurs de $\frac{CO^2}{O^2}$. Ces deux facteurs morphologiques, grande facilité de circulation des gaz et plus petite quantité de chlorophylle, ne sauraient donc expliquer à eux seuls la respiration spéciale des organes jeunes.

---

(1) Nicolas. Recherches sur la respiration des organes végétatifs des plantes vasculaires. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 9ᵉ série, t. X, pp. 1-113, 1909).

(2) Nicolas. (*Loc. cit.*, pp. 100 à 102).

Faut-il l'attribuer aux diastases qui ont pour rôle la fixation de l'oxygène atmosphérique sur les produits d'élaboration des cellules, aux oxydases, qui, généralement, existent en plus grande quantité dans les éléments jeunes, en voie de développement, que dans les tissus complètement différenciés ? La réponse est difficile, car nous ne possédons aucun résultat précis sur les relations qui peuvent exister entre les quantités et les rapports des gaz mis en jeu, d'une part, et les quantités d'oxydases contenues dans les cellules, d'autre part.

L'acidité relative des tissus ne nous fournit pas davantage l'explication des particularités de la respiration des organes jeunes ; ceux-ci renferment, il est vrai, d'après Astruc (1), de plus grandes quantités d'acides que les organes adultes, et devraient posséder, comparativement à eux, et en se basant sur les faits bien connus relativement à la formation des acides, un quotient $\frac{CO^2}{O^2}$ plus faible ; c'est le contraire qui a lieu, cela tient à ce que, par suite, dans les feuilles âgées, de la saturation par les bases du sol (Berthelot et André) ou de l'éthérification (Charabot) des acides, l'acidité relative de ces feuilles devient moindre que celle des feuilles jeunes, cette transformation des acides en sels n'exerçant pas, comme leur décomposition, d'action sur $\frac{CO^2}{O^2}$.

Mais, il est un facteur physique dont l'influence sur la respiration est certaine : c'est la turgescence des cellules, à laquelle est étroitement soumise la croissance. Les recherches faites en collaboration avec Maige (2) ont démontré que l'accroissement de turgescence des cellules augmente à la fois l'intensité et le quotient respiratoires. Or, les cellules jeunes, en voie de croissance, sont à l'état de turgescence, et il n'est pas étonnant qu'elles se distinguent des cellules adultes, qui, bien différenciées, ne s'accroissent plus, tout au moins pour la plupart, par une énergie et un quotient respiratoires plus élevés.

En résumé, l'examen des valeurs des différents coefficients respiratoires permet de conclure que, chez les organes jeunes, principapalement les feuilles, les combustions intracellulaires sont plus complètes que chez les organes âgés ; les tissus jeunes, tout en consommant beaucoup plus d'oxygène que ceux qui sont complètement développés, en fixent relativement moins, et mettent ainsi en liberté de plus grandes quantités d'énergie, que la cellule utilisera pour sa croissance.

---

(1) ASTRUC. Recherches sur l'acidité végétale. (*Ann. Sc. Nat., Botanique*, 8e série, t. XVII, 1903. *Thèse de Paris*).

(2) MAIGE et NICOLAS. Recherches sur l'influence des variations de la turgescence sur la respiration de la cellule. (*Rev. gén. de Botanique*, t. XXII, 1910).

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

L'appareil que j'ai fait construire pour effectuer la stérilisation et le lavage des graines est représenté par la figure 4. Il est constitué par un flacon de verre cylindrique portant vers sa partie inférieure un étranglement ayant la forme d'une olive B. De la base de l'appareil part un tube de verre formant siphon F. Vers la partie supérieure du flacon est fixée une tubulure latérale en forme de tétine E. Cet appareil, pendant les différentes manipulations auxquelles il est destiné, est placé dans un support en bois spécialement construit pour le recevoir.

Avant toute opération cette verrerie est lavée avec une solution de bichromate de potassium à 5 °/₀ additionnée de 10 °/₀ d'acide sulfurique, puis elle est rincée à plusieurs reprises avec de l'eau de source. Ensuite les différents récipients sont remplis d'eau distillée, les autres appareils en verre sont placés dans une marmite émaillée contenant de l'eau distillée et le tout est chauffé à l'autoclave à la température de 120° pendant une heure. A la fin de l'opération, dès que la température de l'autoclave est descendue à 100°, ce dernier est ouvert, les récipients sont vidés, les autres appareils sont sortis de l'eau distillée et le tout est mis à égoutter.

2° *Montage et stérilisation des appareils.* — Lorsque le coton servant à obturer les orifices des divers appareils nécessaires est serré dans ces orifices, la stérilisation des parties centrales des bouchons peut rester incomplète malgré un passage prolongé au four à 170°. Pour assurer la stérilisation complète des appareils, il est donc bon de stériliser préalablement le coton qui doit servir à en boucher les diverses ouvertures.

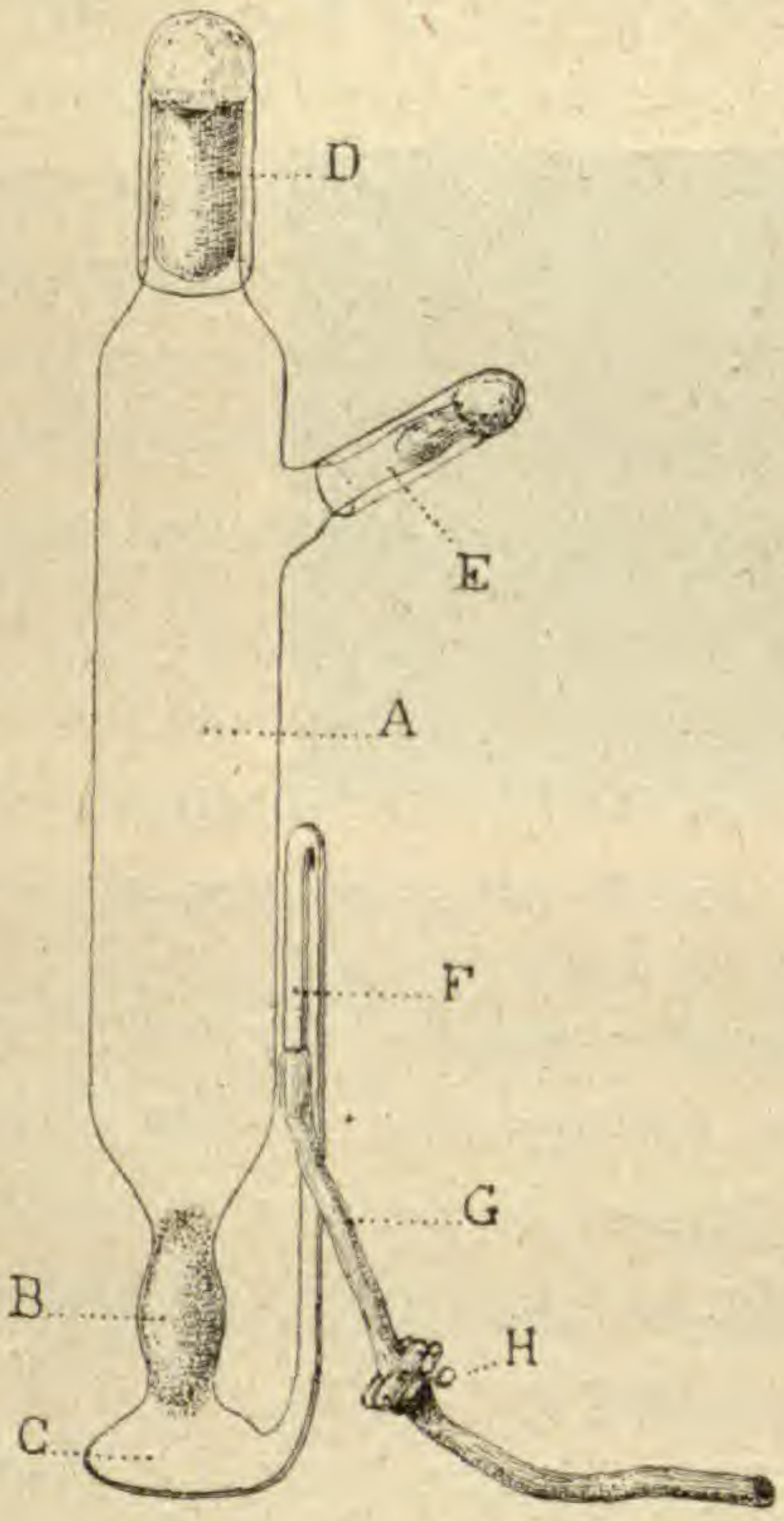


Fig. 4. — Appareil pour la stérilisation des graines.

Dans ce but, du coton non hydrophile est divisé en plaques peu épaisses que l'on dispose dans un four Pasteur en employant un artifice quelconque pour les isoler les unes des autres. On porte le four à 170° et l'on maintient cette température pendant une heure. Après refroidissement complet, le coton est enlevé et utilisé aussitôt.

Le montage des flacons à culture se fait de la manière suivante :

Deux cas sont à considérer : 1° les plantes doivent être cultivées sur un substratum imbibé du liquide de culture ; 2° les cultures doivent être faites directement dans le liquide de culture, sans emploi d'un substratum.

Dans le premier cas, le substratum employé a été la pierre ponce granulée, longuement lavée, puis calcinée. La pierre ponce ainsi traitée est introduite dans les flacons à culture jusqu'à ce que sa surface arrive un peu au-dessous du niveau de l'étranglement e^1 (fig. 3). La fig. I (Pl. 1, Tome 29) représente les différentes phases de la technique de culture précisément dans le cas de l'emploi d'un tel substratum. La marche à suivre pour monter les appareils est ensuite identique à celle qui est indiquée ci-dessous pour le cas où les cultures doivent être faites directement dans le liquide nutritif sans emploi d'un substratum.

Dans ce dernier cas (qui est envisagé dans le schéma représenté par la figure 3), on prépare tout d'abord le tube *t*. Pour cela, on coiffe l'une des extrémités de ce tube de verre cylindrique creux ouvert à ses deux extrémités (la longueur de ce tube, qui est représenté sur la photographie I (Tome 29, Pl. 1) au pied de l'un des deux capuchons de verre, doit dépasser un peu celle du col du flacon) d'un petit morceau de gaze *g* dont la grandeur des mailles dépend des dimensions de la graine qui sera semée. Les mailles doivent être assez petites pour que la graine ne puisse passer au travers et assez larges pour laisser passer la radicule. La fig. 5 représente deux fragments de gaze (grandeur naturelle), l'une à larges mailles, qui a été employée pour cultiver des *Vicia macrocarpa*, l'autre à mailles plus petites, utilisée pour cultiver des Radis. Le tube ainsi préparé est enroulé dans une bande de coton stérilisé *co* d'épaisseur régulière et de largeur un peu inférieure à la longueur du tube. L'ensemble du tube et du coton qui l'entoure est ensuite introduit dans le col du flacon où il doit pénétrer à frottement dur. Puis, on fait glisser le tube dans son enveloppe de coton de façon que son extrémité inférieure coiffée de la gaze dépasse un peu la base du coton et pénètre un peu plus avant (1 ou 2 millimètres) dans le flacon. Enfin on rabat la partie supérieure du manchon de coton qui dépasse le sommet du col, de façon à bien dégager l'ouverture du tube de verre *t*.

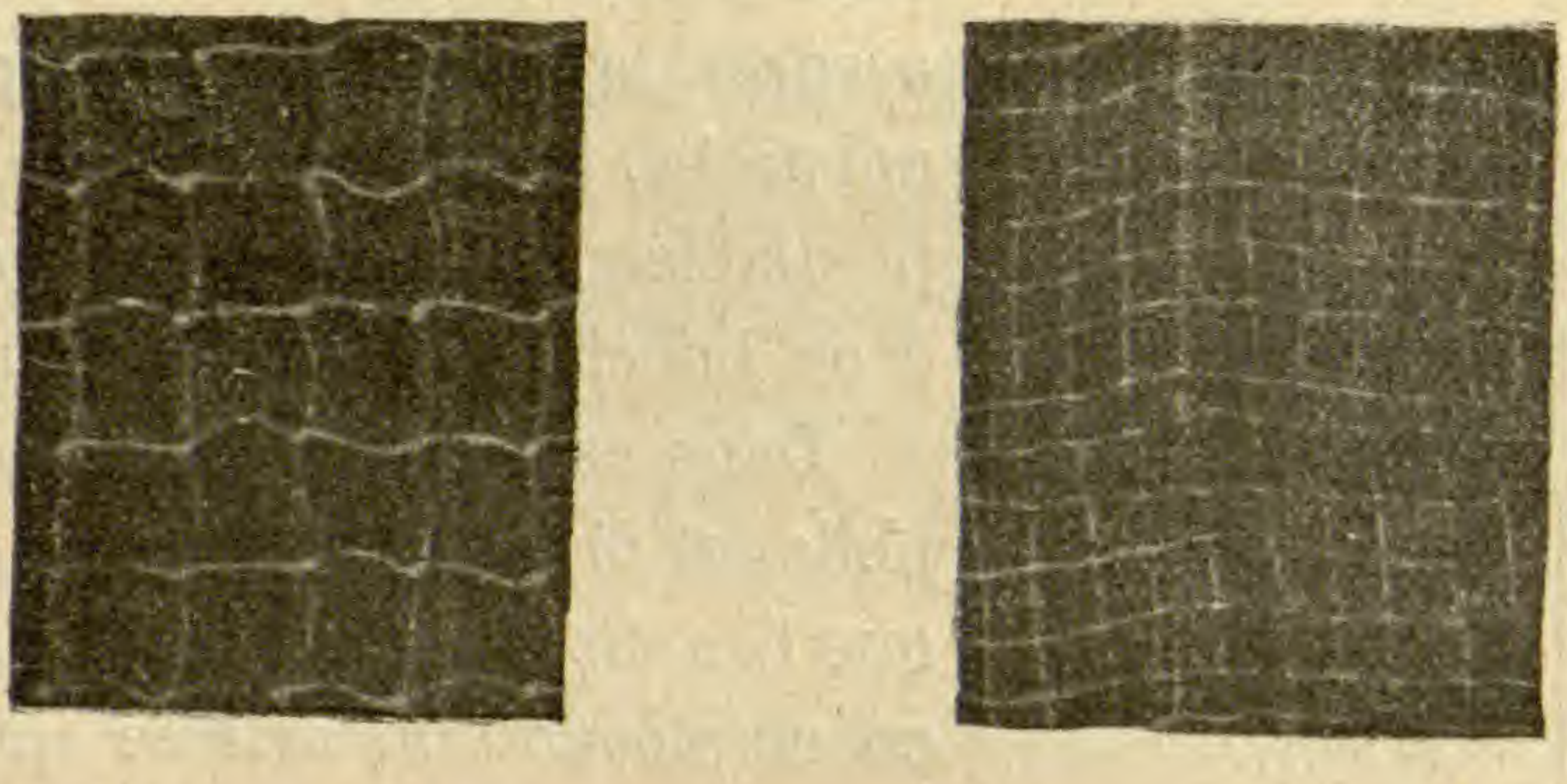


Fig. 5. — Fragments de gaze employés pour soutenir les grains germés.

Une épaisse bande de coton stérilisé est ensuite placée autour de la partie étranglée e^2, puis on coiffe la partie supérieure du flacon de la cloche *cl* dont la base vient alors entourer à frottement dur cette bague de coton *co* .

L'ouverture supérieure de la cloche, ainsi que la tubulure latérale *tu* sont obturées par des tampons de coton, et sont recouvertes de capuchons de verre *ca*.

La pointe effilée de la tubulure latérale des ballons de 1500 c.c.

est fermée à la flamme. On obture le col de ces ballons et l'ouverture des tubes à essais avec du coton stérilisé. On protège le col des ballons à l'aide de capuchons de verre ou du papier.

Dans l'étranglement en olive de l'appareil à stérilisation de graines on place un tampon de coton de verre. Puis on obture le col *D* (fig. 4) avec un tampon de coton que l'on protège par un capuchon de verre. L'extrémité du tube de verre en forme de siphon *F* est enveloppée d'une petite coiffe de coton maintenue par un petit capuchon de verre qui entoure à frottement dur le tube ainsi coiffé. La tubulure latérale *E* de l'appareil est fermée de la même manière ou bien par un bouchon de coton protégé par un capuchon de verre.

Toute la verrerie ainsi préparée est alors stérilisée au four Pasteur à 170° pendant une heure.

Il convient ensuite de terminer le montage de l'appareil à stérilisation des graines. Pour cela, on enlève le capuchon de verre et la coiffe de coton qui obturent l'extrémité du tube en siphon *F* et on adapte à cette extrémité un morceau de tube de caoutchouc *G* (1), dont le bout libre est fermé par un petit tube de verre creux obturé par un tampon de coton. A l'aide d'une ficelle, on fixe à la tubulure latérale *E* ce tube de verre qui termine le tube de caoutchouc, de façon que la partie libre du tube de verre soit dirigée vers le haut, et qu'ainsi lors de la stérilisation l'air puis la vapeur puissent circuler facilement dans le tube de caoutchouc. A la tubulure latélale *E*, préalablement dégarnie de son enveloppe ou de son bouchon de coton on adapte également un tube de caoutchouc ; ce dernier est relié par son autre extrémité à la pointe préalablement brisée de la tubulure latérale d'un des ballons tubulés. Dans ce ballon on introduit de l'eau jusqu'au niveau où part la tubulure latérale, puis en inclinant le ballon, on fait écouler 50 c.c. environ de cette eau dans l'appareil à stérilisation de graines, on fixe ce dernier sur son support en bois et on stérilise l'ensemble à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

Dans la plus grande partie des tubes à essais déjà stérilisés au four Pasteur, on introduit une bande de papier à filtrer épais d'un centimètre de largeur et de 5 à 7 cm. de longueur environ que l'on étale dans la moitié inférieure des tubes et que l'on mouille avec 3 ou 4 c.c. d'eau de source. Les tubes ainsi préparés sont ensuite stérilisés à 120° à l'autoclave pendant 30 minutes C'est dans ces tubes, destinés à recevoir les graines stérilisées, que s'effectuera le début de la germination.

---

(1) Tous les fragments de tube de caoutchouc nécessaires aux différentes opérations doivent être préalablement lavés dans un courant d'eau, chauffés à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes dans un récipient rempli d'eau distillée, et lavés à nouveau dans un courant d'eau à la sortie de l'autoclave.

Les tubes à essais restant sont remplis d'eau aux 2/3 de leur capacité et stérilisés à l'autoclave dans les mêmes conditions. L'eau stérile contenue dans ces tubes servira à refroidir, chaque fois qu'elle aura été stérilisée à la flamme, la pince qui sera employée pour transporter chaque graine soit de l'appareil où elles auront été stérilisées et lavées dans les tubes à germination ci-dessus, soit de ces derniers tubes, après la germination, dans les flacons à culture.

Des fragments de tube de caoutchouc stériles seront encore nécessaires au remplissage des flacons à culture. On les prépare de la manière suivante. A l'ouverture d'une petite ampoule de verre, figurée en *F* sur la photographie II (Tome 29, Pl. 1), que l'on remplit d'eau aux 2/3, on adapte un morceau de tube de caoutchouc dont on ferme l'extrémité libre par un tube de verre creux de 12 à 15 cm. de longueur, et obturé au coton. On prépare un certain nombre de tubes de caoutchouc de cette manière ; on réunit par une ficelle les tubes de verre fermés au coton qui les terminent, et on pend le tout dans l'autoclave, les ampoules se trouvant en bas et les tubes de verre fermés au coton étant dirigés vers le haut de façon que la circulation de l'air puis de la vapeur s'effectue facilement pendant la stérilisation. On stérilise par chauffage à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

3° *Préparation et stérilisation des milieux de culture.* — Les liquides de culture constituant les milieux témoins ont été dans certains cas le liquide de Knop, dans d'autres le liquide de Knop additionné des cendres de la plante sur laquelle devaient porter les expériences.

Tous les végétaux supérieurs ne se développent pas également bien dans le liquide nutritif préparé suivant la formule de Knop ; c'est pourquoi, dans quelques cas, pour assurer autant que possible la présence dans le milieu de culture de tous les éléments minéraux nécessaires au développement normal des plantes, j'ai ajouté au liquide de Knop les substances minérales constituant le résidu de la calcination de la plante à cultiver.

Enfin, dans le cas de l'étude d'un glucoside azoté, l'amygdaline, le milieu témoin était parfois le milieu de Knop modifié par Molliard de façon à ne pas contenir de sels azotés.

Les autres milieux de culture ne différaient des milieux témoins que par l'addition dans des proportions variées du glucoside que l'on voulait tenter de faire absorber aux végétaux.

Lorsque le milieu de Knop est employé sans modification, il est préparé de la manière suivante :

On fait dissoudre séparément chacun des différents sels suivants, dans 100 c.c. d'eau de source :

Azotate de calcium	1 g.
Azotate de potassium	0^{g}, 25
Phosphate monopotassique	0^{g}, 25
Sulfate de magnésium	0^{g}, 25
Chlorure de potassium	0^{g}, 10

On verse successivement les cinq solutions obtenues, en suivant l'ordre d'énumération des sels ci-dessus, dans 400 c.c. d'eau de source, on agite après chaque addition. On ajoute ensuite :

Sulfate de fer : 4 gouttes d'une solution dans l'eau de source à 1 °/o. Enfin on complète à 1000 c.c. avec de l'eau de source.

Lorsqu'on emploie le milieu de Knop additionné des cendres de la plante à cultiver, on opère comme il suit :

Pendant l'année qui précède celle où les expériences doivent être faites, on récolte une quantité suffisante de la plante sur laquelle doivent porter les recherches. On la laisse sécher pendant l'hiver et lorsque la dessiccation est complète, on réduit la plante sèche en poudre grossière ; la poudre obtenue est alors calcinée jusqu'à obtention de cendres blanches en opérant à la température la plus basse possible. Le liquide de Knop, préparé comme il a été indiqué plus haut, est additionné de 0^{g}, 50 de ces cendres par litre.

Si la présence d'un précipité ne gêne pas les expériences, il est préférable de ne pas filtrer de façon que les produits peu solubles puissent se redissoudre à mesure que la plante les absorbe dans le liquide. Si au contraire il est indispensable d'opérer avec un liquide limpide, on porte le mélange de milieu de Knop et de cendres à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes, on laisse refroidir et on filtre.

Enfin, dans le cas de l'étude du rôle nutritif comme aliment azoté d'un glucoside azoté, s'il est nécessaire que les milieux soient dépourvus d'azote minéral, il faut avoir recours à un liquide nutritif dépourvu de sels azotés ; de plus, on ne peut ni employer l'eau de source, ni additionner le liquide nutritif de cendres de plantes. J'ai employé, dans ce cas, le milieu nutritif sans azote établi par Molliard dans ses recherches relatives à l'utilisation des composés azotés par les plantes supérieures (1). Pour préparer ce milieu on emploie, au lieu d'eau de source, de l'eau ayant été distillée dans un appareil en verre. On opère comme pour la préparation du liquide de Knop, mais en utilisant les sels suivants :

Phosphate monocalcique	$0^{g},25$
Chlorure de potassium	$0^{g},25$
Sulfate de magnésium	$0^{g},25$
Sulfate de fer, 4 gouttes d'une solution à 1 $^{\circ}/_{0}$ dans l'eau distillée	
Eau distillée, *Q. S.* pour 1000 c.c.	

Les milieux témoins étant ainsi préparés, les milieux renfermant les glucosides sont obtenus en dissolvant les proportions voulues de glucosides dans des liquides nutritifs identiques aux milieux témoins aussitôt après leur préparation.

La stérilisation des milieux de culture se fait de façons différentes suivant que le glucoside étudié est susceptible de se décomposer par chauffage à l'autoclave à 120° ou qu'il reste indécomposé pendant cette opération.

Dans le premier cas, les milieux de culture témoins ainsi que les milieux renfermant le glucoside, aussitôt après leur préparation, sont stérilisés par filtration à la bougie sous pression dans l'appareil de Chamberland. Le liquide stérile est recueilli aseptiquement dans les ballons à fond plat et à tubulure latérale effilée stérilisés dont il a été question plus haut ; chaque ballon reçoit ainsi 1200 c.c. de liquide. Les ballons et leur contenu sont ensuite laissés à la température du laboratoire pendant 15 jours, puis portés à l'étuve à 37° pendant

---

(1) M. Molliard. Valeur alimentaire de l'asparagine et de l'urée vis-à-vis du Radis. (*Bull. Soc. bot. de France*, T. LVI, 4e Série, T. IX, p. 534, 1909).

3 jours. Ceux qui restent stériles dans ces conditions sont seuls conservés.

Dans le second cas, les liquides de culture sont stérilisés à l'autoclave. Pour cela, dès que la préparation en est terminée, ils sont répartis dans les ballons à tubulure latérale stérilisés, à raison de 1200 c.c. pour chaque ballon, puis portés à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

4° *Transvasement aseptique des milieux de culture dans les flacons et analyse de ces milieux avant la culture.* — Le liquide de culture devant s'élever dans chaque appareil jusqu'à 2 ou 3 millimètres de la gaze, c'est-à-dire jusqu'au voisinage du dernier étranglement supérieur e^1 (fig. 3), on ne peut, même dans le cas de l'étude d'un glucoside non altérable par la chaleur, remplir les flacons à culture du liquide nutritif et stériliser ensuite le tout à l'autoclave, car l'augmentation de température déterminerait la montée du liquide dans la tubulure supérieure de chaque appareil et par conséquent au contact du coton qui ainsi se mouillerait. Il est en effet absolument indispensable pour que le liquide de culture reste stérile pendant toute la durée des expériences que ce coton, qui plus tard enveloppera la tigelle ou la tige de la jeune plante, reste absolument sec.

Pour cette raison il devient donc nécessaire de stériliser préalablement le milieu nutritif dans des matras et de le transvaser ensuite dans les flacons à culture.

L'opération du transvasement des milieux de culture dans les flacons est représentée par la photographie II (Tome 29, Pl. 1). Elle nécessite l'emploi des divers objets réunis dans cette figure : un support métallique *A* à pince double, un support *B* à pince simple, le flacon à remplir *C* contenu dans un panier métallique *D*, le ballon *H* renfermant le milieu de culture stérile à transvaser, un tube de caoutchouc stérile *E* préparé comme il a été indiqué dans un paragraphe précédent, des becs Bunsen, un cristallisoir *J*.

Le ballon *H* est tout d'abord débarrassé du capuchon de verre *L* qui protège sa partie supérieure, puis fixé par son col dans la pince à double branche, la pointe de la tubulure latérale étant dirigée vers le haut de façon que le liquide ne puisse s'échapper lorsque cette pointe sera brisée. On flambe soigneusement la tubulure latérale, et on brise la pointe ; d'autre part on enlève de l'un des tubes de caoutchouc stériles dont il a été question plus haut l'ampoule de verre *F* qui obture l'une de ses extrémités et, en prenant les précautions d'asepsie habituelles, on adapte cette extrémité ainsi ouverte à la tubulure latérale flambée et encore chaude dont la pointe vient d'être cassée. On obture le tube de caoutchouc dans sa région médiane au moyen d'une pince à vis, puis on incline le ballon, la tubulure latérale étant dirigée vers le bas, dans la position indiquée par la photographie. On étire ensuite le tube de verre qui ferme l'autre extrémité du tube de caoutchouc en une pointe dont on casse le bout et que l'on engage aseptiquement entre le bouchon de coton et la paroi de la tubulure latérale de l'appareil à remplir. On maintient la base de la pointe de verre à l'aide de la pince du support *B*. Il suffit à ce moment de desserrer la pince à vis pour que le liquide s'écoule du ballon dans l'appareil à culture ; c'est à cette phase de l'opération que correspond la photographie II. On laisse le liquide s'écouler jusqu'à ce que, le flacon étant placé en position verticale, la surface du liquide arrive environ à 2 ou 3 millimètres du fragment de gaze *g* (fig. 3) destiné à supporter la graine. A ce moment on obture à nouveau le tube de caoutchouc à l'aide de la pince, on enlève la pointe de verre de la tubulure latérale du flacon à culture et on ferme l'extrémité de cette pointe à la flamme. Dans ces conditions le flacon est ainsi rempli de milieu de culture stérile et l'excédent de ce milieu resté dans le ballon est également demeuré stérile au cours de l'opération et peut être conservé pour être analysé ultérieurement.

Dans le cas où l'on se propose de suivre l'absorption du glucoside dans le liquide contenu dans chaque flacon au cours du développement de la plante qui y sera cultivée, il est nécessaire de savoir exactement quelle quantité de glucoside a été introduite dans chaque flacon au moment du remplissage. Pour cela, on pèse chaque flacon avant l'introduction du milieu de culture, et on le pèse à nouveau après ; la différence calculée indique le poids du milieu de culture introduit. D'autre part, on dose la quantité de glucoside contenue dans un poids déterminé (50 g. par exemple) du milieu de culture resté en excès dans chacun des ballons dont le contenu a été transvasé dans les flacons à culture. On a ainsi toutes les données nécessaires pour calculer la quantité de glucoside contenue dans chaque flacon au début des cultures (la quantité de liquide de culture restée dans chaque ballon est suffisante pour effectuer plusieurs analyses).

Les flacons ainsi préparés sont laissés au repos pendant un mois. Si, après cette période, les milieux de culture qu'ils contiennent sont restés stériles on peut alors procéder à l'ensemencement.

5° *Stérilisation des graines et mise en train de la germination.* — Cette partie de la technique comprend : le choix des graines, la stérilisation, le transport des graines stérilisées dans les tubes où elles doivent germer.

a) *Choix des graines :* Lorsque cela est possible, il est préférable de récolter soi-même les graines pendant l'année qui précède celle où les expériences doivent être faites, de les faire sécher et de les conserver dans un endroit sec.

De façon à diminuer les différences individuelles existant entre les plantes qui seront cultivées, il est nécessaire de n'employer que des graines de même poids ou au moins de poids très voisin. Il suffit pour cela de peser un certain nombre de graines prises au hasard, 100 par exemple, de déterminer d'après cette pesée le poids moyen d'une graine, puis de peser chaque graine destinée à être semée en ne conservant que celles qui ont un poids ne différant du poids moyen que d'un ou de quelques milligrammes; l'écart de poids existant entre chacune des graines réservées pour les semis n'est donc alors que d'un ou de quelques milligrammes. Si les graines sont très petites on peut rapidement en réunir un certain nombre ne différant entre elles que par un ou quelques dixièmes de milligrammes ; les graines plus grosses, celles d'*Agrostemma Githago* par exemple dont le poids moyen est d'environ 0g,013 peuvent être obtenues facilement en assez grand nombre avec une différence de poids ne dépassant pas 2 milligrammes. Les graines très grosses, celles de *Pisum sativum* par exemple, ne peuvent être réunies facilement en grand nombre que si l'on se contente d'un écart entre chacune de 5 à 10 milligrammes suivant la grosseur des graines de la variété à laquelle on s'adresse.

b) *Stérilisation des graines :* Les graines ont été stérilisées soit avec le bichlorure de mercure, soit avec l'eau oxygénée. Dans les premières expériences, la stérilisation des graines a été faite, comme l'a indiqué Molliard (1) à l'aide du bichlorure de mercure ; dans les dernières, effectuées depuis la publication du travail de Pinoy et Magrou (2) sur la stérilisation des graines par l'eau oxygénée, ce dernier antiseptique a été employé dans la plupart des cas, la stérilisation au moyen du bichlorure de mercure étant réservée seulement pour le traitement des graines de Radis. Ces dernières graines, qui commencent déjà à germer après quelques heures d'immersion dans l'eau, ne peuvent être stérilisées facilement par l'eau oxygénée, cette dernière méthode nécessitant l'immersion des graines dans le réactif pendant cinq heures environ.

Les graines choisies pour les cultures, prêtes à être stérilisées, sont placées dans un tube à essai et recouvertes d'alcool absolu que l'on rejette presque aussitôt après l'avoir introduit de façon que les graines ne restent au contact de l'alcool que pendant quelques secondes. L'alcool absolu, agissant pendant un temps très court sur les graines, ne les détériore pas, réalise une première stérilisation et permet au tégument de se laisser ensuite plus facilement mouiller par les liquides. L'alcool est aussitôt remplacé soit par une solution de bichlorure de mercure à 10 °/₀₀ soit par de l'eau oxygénée pure, on agite pendant quelques secondes, puis on verse tout le contenu du tube : graines et antiseptique, dans l'appareil à stérilisation de graines dont il a été question antérieurement (fig. 4) par l'ouverture *D* que l'on rebouche aussitôt. On ajoute assez de liquide antiseptique dans l'appareil de façon que la surface de ce liquide arrive vers A. On ferme alors le tube de caoutchouc *G* de l'appareil à stérilisation au moyen d'une pince *H* et on enlève le tube de verre qui en obture l'extrémité. Les graines sont laissées en contact avec l'antiseptique pendant deux minutes dans le cas de l'emploi du bichlorure de mercure, et pendant cinq heures dans le cas de l'emploi de l'eau oxygénée. Dès que le temps de contact est passé on fait écouler le liquide antiseptique en desserrant la pince *H* qui obture le tube de caoutchouc ; on referme aussitôt, et en inclinant le ballon plein d'eau stérile relié à l'appareil par la tubulure latérale *E* on fait arriver de l'eau stérile au contact des graines jusqu'au voisinage de la base de la tubulure *E;* on agite légèrement pour renouveler l'eau autour des graines et après 4 à 5 minutes de contact on fait écouler l'eau de la même manière que l'on a fait écouler le liquide antiseptique. On introduit à nouveau de l'eau stérile et on répète ainsi le lavage des graines par l'eau stérile jusqu'à ce qu'on ait épuisé toute l'eau contenue dans le ballon, en prolongeant chaque fois pendant un peu plus longtemps le temps de contact des graines avec l'eau de lavage (5 minutes, 10 minutes, puis 15 minutes pour chacun des lavages suivants).

---

(1) M. Molliard. Action morphogénique de quelques substances organiques sur les végétaux supérieurs (*Rev. gén. de Bot.*, T. XIX, p. 243, 1907).

(2) Pinoy et Magrou. Sur la stérilisation des graines (*Bull. Soc. bot. de France*, 4ᵉ Série, T. XII, pp. 609-612, 1912).

Les graines sont ainsi stérilisées, puis débarrassées de l'excès d'antiseptique sans qu'une contamination soit possible au cours des lavages successifs.

c) *Transport des graines stérilisées dans les tubes où elles doivent germer :* Les graines stérilisées sont prises aseptiquement une à une, dans l'appareil à stérilisation et lavage des graines, à l'aide d'une pince à branches longues et souples qui chaque fois est flambée et refroidie dans un des tubes contenant de l'eau stérile qui ont été préparés dans ce but; chaque graine est ainsi transportée dans un des tubes stériles renfermant du papier à filtrer humide sur lequel on les dispose. Chacun de ces derniers tubes ne doit recevoir plus de deux graines. Les tubes à germination, ainsi préparés, sont placés l'un à côté de l'autre sur une table, obliquement, de façon que dans chaque tube la base de la lame de papier plonge dans l'excès d'eau et qu'ainsi chaque graine repose sur du papier maintenu humide. La germination doit avoir lieu à une douce température : 18 à 22°, à la lumière diffuse.

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Flora Batava. — **Afbeelding en beschrijving der Nederlandschege assen** (388^e, 391^e aflevering. S'Gravenhague, 1917).

Cette belle publication commencée en 1800 par Jan Kops se poursuit depuis lors et c'est actuellement M. L. Vuyck qui en assume la rédaction. Les quatre livraisons parues en 1917 comportent vingt planches en couleurs où sont figurées deux *Rubus (R. chlorothyrsos* Focke et *R. macrostemon* Focke), *Pinus Larix*, cinq espèces adventices *(Bidens connata, Solanum sisymbriifolium ; Rumex orientalis, Asphodelus tenuifolius, Cenchrus tribuloides)* et seize Champignons dont quelques-uns sont nouveaux pour les Pays-Bas. Un texte en hollandais et en français donne le rang taxinomique de chaque espèce, sa description, son habitat, sa répartition géographique. La rédaction française est très claire, ce qui est l'essentiel, mais assez curieuse par son allure étrangère et un peu archaïque ; en voici quelques exemples empruntés à la description de *Dasyscypha calycina* et de *Clavaria contorta :* « ascome de consistance comme la cire..., en forme de soucoupe... ; simple, rompant, farci..., flasque en touchant... » Pour le reste, on ne peut que louer l'impeccable typographie de l'ensemble et, dans les planches très bien exécutées, la vérité constante des couleurs.

A. Pierre Allorge

E.-A. Newell Arber and R.-H. Goode. — **On some fossil plants from the Devonian rocks of North Devon** *(Proceedings of the Cambridge Philosophical Society,* vol. XVIII, pt. 3, pp. 89-104 ; pl. IV et V ; 3 fig. in the text ; 20 May 1915).

Les auteurs signalent et décrivent des empreintes de plantes terrestres du Dévonien supérieur, semble-t-il, du Devonshire ; ce serait le Famennien supérieur des géologues du Nord de la France et de la Belgique. Outre le *Sphenopteridium rigidum* déjà connu dans le Dévonien, ils citent un *Sphenopteris* nouveau, un fragment d'inflorescence du genre *Telangium ;* des empreintes curieuses auxquelles ils attribuent le nom de *Xenotheca devonica.* Ce sont de petits organes cupuliformes à bord externe profondément denticulé, portés à l'extrémité d'axes étroits, dichotomes. S'agit-il là de cupules ayant contenu des graines ou sont-ce des anthères ou des groupes de sporanges ? En l'absence de graines, de sacs polliniques ou de sporanges, on ne peut résoudre la question.

A. Carpentier

E.-A. Newell Arber. — **On the fossil floras of the Coal Measures of South Staffordshire** *(Philosophical Transactions of the Royal Society of London.* Sér. B, vol. 208, pp, 127-155, Pl. 2-4. 19. 10. 16).

L'auteur analyse la flore d'un niveau fossilifère de l'âge du Houiller de transition (1) et décrit quelques nouvelles espèces de *Sphenopteris* et de *Cardiocarpus.*

---

(1) La question des *Transition Series* et des *Upper Coal Measures* est discutée

Du Westphalien moyen il signale, sous le nom de *Lepidostrobus Jacksoni*, un cône qui pourrait être celui du *Lepidodendron obovatum*, et qui rappelle le *Sigillariostrobus nobilis* de Zeiller par la portion basale, élargie, de ses sporophylles.

A. Carpentier

R. Kidston and D. T. Gwynne Vaughan. — **On the fossil Osmundaceæ, part V** (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. Vol. L, part II, n° 16, pp. 469-480 ; pl. XLI-XLIV ; 4 fig. in the text ; décember 1914).

Dans cette cinquième partie de leur étude des Osmondacées fossiles, M. R. Kidston et le regretté Gwynne Vaughan ont décrit quatre spécimens du g. *Osmundites*. Deux échantillons sont plus spécialement intéressants.

Osmundites Carnieri Schuster ; provenance : le sud du Paraguay ; âge incertain, flottant entre le Jurassique et le Tertiaire.

Chez les Osmondacées les plus élevées, à tige arborescente, les bases engaînantes stipulaires des feuilles persistaient au sommet de la tige, ces gaînes foliaires disparaissaient insensiblement vers la base de la tige ; leur rôle protecteur était rempli dans ce dernier cas par des faisceaux serrés de racines adventives. La section de tige d'*Osmundites Carnieri*, dont la structure détaillée est connue, intéresse la région voisine de la base ; le manchon protecteur de racines adventives mesure 35 mm., sur 90 mm. de largeur attribuée à la tige.

Osmundites spetsbergensis Nathorst ; provenance : Spitzberg ; âge : Tertiaire. On en connaît les frondes, ressemblant à celles de notre *Osmunda regalis* ; les auteurs étudient la structure des feuilles, des sporanges, des racines ; la tige est inconnue. Par la disposition du sclérenchyme dans les bases stipulaires des pétioles, cet *Osmundites* se place dans le voisinage de certaines espèces actuelles du g. *Osmunda*, *O. Claytoniana*, *O. cinnamomea* ; à la base et de part et d'autre du pétiole l'aile stipulaire est munie d'un cordon de sclérenchyme très dense et, en face de la région basilaire de ce cordon, l'anneau de sclérenchyme contient des masses différenciées, dont les éléments scléreux ont leurs parois plus fortement épaissies.

A. Carpentier

S. F. Armstrong, Directeur de la Station de contrôle des semences du Royaume-Uni, Cambridge. — **British grasses and their employment in agriculture.** 1 vol., 199 pages, Cambridge University press. 1917.

L'auteur a divisé son ouvrage en deux parties : la première est consacrée à l'étude botanique des Graminées, la seconde aux applications agricoles auxquelles elles donnent lieu. Dans la première partie, il commence par étudier, sur quelques types communs, les caractères généraux de la morphologie de ces plantes et passe successivement en revue : l'appareil

---

dans une note de N. Arber : The structure of the South Staffordshire coalfield... *Transactions of the Institution of Mining Engineers*, vol. LII, pt. I, pp. 8-11 ; july, 1916.

végétatif, les organes floraux, les fruits. D'ailleurs M. S. F. Armstrong ne s'est pas simplement borné à donner les divers caractères de la morphologie externe, mais fournit également des détails intéressants sur la structure anatomique des Graminées. La biologie de ces plantes fait aussi l'objet d'un chapitre spécial ainsi que leur distribution, surtout en ce qui concerne leurs habitats et leurs exigences ; ce chapitre renferme notamment une liste où les Graminées britanniques sont groupées en tenant compte de ces deux facteurs. Les trois chapitres suivants ont rapport à la détermination de ces plantes, et l'auteur pour établir ses divisions a tenu compte sucessivement des feuilles, des inflorescences et des semences. Enfin le chapitre très étendu qui termine la première partie, chapitre accompagné de nombreuses photographies ainsi que de croquis et dessins de détails, donne au lecteur quantité d'indications très intéressantes sur les caractères botaniques des diverses espèces de Graminées.

Dans la seconde partie de l'ouvrage, partie qui a trait à l'utilisation agricole de ces plantes, l'auteur passe successivement en revue chacune d'entre elles et s'attache à donner, pour chaque cas particulier, les conditions de sol, de climat qui conviennent le mieux aux diverses Graminées, concurremment avec leurs exigences agricoles. L'auteur étudie en détail ces divers points et donne, en même temps, des indications très intéressantes sur la provenance, la composition et les impuretés des semences du commerce. Leur évaluation et leur achat font l'objet d'un chapitre où M. S. F. Armstrong passe en revue les différents points qui permettent de s'assurer de la valeur d'un lot de semences ; il s'étend longuement sur cet important sujet, ainsi que sur celui non moins important du mélange de semences de plantes fourragères. Des observations et de précieuses indications relatives à l'établissement, à la conduite des prairies et pâturages, et aux engrais à leur appliquer, terminent ce très intéressant volume, auquel l'auteur a ajouté une liste des Graminées peu répandues ou introduites en Angleterre, ainsi que des indications bibliographiques.

Cet ouvrage, présenté d'ailleurs d'une manière très attrayante, sera lu avec beaucoup d'intérêt par les botanistes et très certainement consulté avec fruit par les agriculteurs qui y trouveront d'excellents conseils.

L. François

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

ACTION DES SELS NEUTRES

SUR

L'INVERSION DU SUCRE PAR LES ACIDES

par M. H. Colin & Mlle M. Lebert.

Au laboratoire aussi bien que dans l'industrie, il est rare que les solutions de saccharose que l'on doit intervertir soient exemptes de sels neutres ; elles renferment des chlorures, des sulfates alcalins et surtout de l'acétate de sodium provenant des défécations aux acétates neutre ou basique de plomb suivies de l'élimination de l'excès de plomb par le carbonate ou le sulfate de soude.

Lorsqu'on opère l'hydrolyse au moyen de doses massives d'acide, comme c'est le cas dans l'inversion Clerget, la présence d'une petite quantité de sels importe peu, les ions hydrogène qui jouent le rôle essentiel se trouvant en grand excès. Il en va autrement lorsqu'on veut intervertir avec la dose d'acide rigoureusement suffisante ; et alors il faut distinguer plusieurs cas.

Premier cas. — On hydrolyse par un acide fort, tel que HCl, en présence d'un sel alcalin de cet acide, NaCl par exemple. Une quantité de sel équivalente à l'acide détermine une légère augmentation de la vitesse d'hydrolyse.

Deuxième cas. — On intervertit au moyen d'un acide faible, en présence d'un sel alcalin de l'acide ; on fait agir, par exemple, l'acide oxalique, l'acide citrique, l'acide acétique en présence de leurs sels neutres de sodium ou de potassium. On observe alors une diminution de la vitesse d'inversion d'autant plus considérable que l'acide est plus faible ; c'est ainsi que l'action de l'acide acétique est presque complètement paralysée par une dose d'acétate de soude équivalente à la proportion de l'acide.

Nous avons réuni, dans le tableau suivant, quelques déterminations se rapportant à l'action de l'oxalate de potassium sur l'acide oxalique, du citrate de soude sur l'acide citrique, de l'acétate de soude sur l'acide acétique. Dans une série de matras, on introduit la solution de saccharose, la quantité d'acide qui suffit à l'hydrolyse et des doses croissantes du sel correspondant à l'acide ; on place au bain-marie à l'ébullition ; après un temps déterminé, on évalue le poids de saccharose interverti. Voici les conditions de l'expérience : concentration en saccharose : 7, 70 °/₀ ; concentration de l'acide : $\frac{N}{2}$ pour l'acide citrique et l'acide acétique, $\frac{N}{20}$ pour l'acide oxalique ; température intérieure des matras : 96° ; temps de chauffe : 1 heure pour la série acide acétique et acétate de soude, 1/4 d'heure seulement pour les deux autres ; les quantités de saccharose interverties à la fin de l'expérience sont rapportées à 100 cm³ de solution.

CONCENTRATION EN SEL (en fraction de normalité)	SACCHAROSE INTERVERTI		
	ACIDE ACÉTIQUE $\frac{N}{2}$ (après 1 heure)	ACIDE CITRIQUE $\frac{N}{2}$ (après 1/4 d'heure)	ACIDE OXALIQUE $\frac{N}{20}$ (après 1/4 d'heure)
0	$7^{gr},70$	$7^{gr},70$	$7^{gr},70$
$\frac{1}{100}$ N	7, 58	7, 70	7, 70
$\frac{1}{50}$ N	6, 88	7, 70	7, 70
$\frac{1}{25}$ N			5, 85
$\frac{1}{20}$ N	4, 60	6, 32	2, 71
$\frac{1}{10}$ N	3, 40	4, 98	0
$\frac{1}{5}$ N	2, 50	3, 50	0.

Troisième cas. — Le sel présent dans la solution n'est pas un sel de l'acide qui sert à effectuer l'inversion ; par exemple, on hydrolyse avec l'acide chlorhydrique en présence d'acétate de soude. Il importe alors de tenir compte des relations qui s'établissent entre l'acide et le sel. Dans l'exemple choisi à dessein, acide chlorhydrique et acétate de soude, il se fait du chlorure de sodium et de l'acide acétique ; si l'acétate est en quantité suffisante, la totalité de l'acide chlorhydrique est remplacée par de l'acide acétique et si l'acétate est en excès, on se trouve ramené à une hydrolyse par l'acide acétique, en présence de son sel de sodium, c'est-à-dire que la vitesse d'inversion est considérablement diminuée.

Le tableau qui suit met en lumière ces phénomènes. On a étudié les systèmes acide chlorhydrique et oxalate de potasse, acide chlorhydrique et acétate de soude. A une même concentration en HCl égale à $\frac{N}{100}$, on opposait des doses croissantes des différents sels ; après 1/4 d'heure de chauffe à 96°, on évaluait le saccharose interverti ; la solution était à 7, 70 °/₀ de sucre ; voici les résultats :

CONCENTRATION SALINE	SUCRE HYDROLYSÉ EN 1/4 D'HEURE	
	EN PRÉSENCE D'ACÉTATE	EN PRÉSENCE D'OXALATE
0	7^gr^,70	7^gr^,70
$\frac{1}{200}$ N	7, 50	7, 70
$\frac{1}{150}$ N	5, 70	7, 70
$\frac{1}{110}$ N	4, 20	
$\frac{1}{100}$ N	2, 10	7, 00
$\frac{1}{75}$ N	0, 60	
$\frac{1}{50}$ N		2, 30
$\frac{1}{25}$ N		0, 70

Une occasion d'appliquer ces données nous est fournie par MM. Davis et Daish dans leur étude comparée des différentes méthodes de dosage des hydrates de carbone contenus dans les extraits végétaux (1). Les auteurs signalent avec étonnement que la proportion de 2 °/o d'acide citrique qui suffit à intervertir une solution de saccharose à l'ébullition, en 10 minutes, est sans action en présence d'une certaine quantité d'acétate de soude.

Le phénomène n'a rien qui puisse surprendre ; l'acide citrique réagit sur l'acétate de soude et passe à l'état de citrate en libérant une quantité équivalente d'acide acétique ; celui-ci, paralysé par son sel de sodium intervertit avec lenteur, tant qu'il ne se trouve pas en excès par rapport à l'acétate. Tout se passe comme dans l'expérience suivante dont les conditions sont les mêmes que précédemment.

CONCENTRATION EN ACIDE ACÉTIQUE	CONCENTRATION EN ACÉTATE	SACCHAROSE HYDROLYSÉ APRÈS 1/4 D'HEURE
$\frac{N}{2}$	0	7gr,70
»	$\frac{N}{20}$	6, 75
»	$\frac{N}{10}$	4, 03
»	$\frac{N}{5}$	1, 48
»	$\frac{N}{2,5}$	0
»		

---

(1) Davis et Daish. *Journ. of agricultural Science*, t. V, p. 447, 1913.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par **M. Raoul COMBES**

(suite)

6° *Transport des graines germées dans les flacons à culture.* — Ce transport doit être fait lorsque la radicule de chaque graine a atteint une longueur de 5 à 10 millimètres. A l'aide de la pince à longues branches dont il a été question plus haut, flambée puis refroidie dans l'eau stérile avant chaque opération, on saisit, dans un tube à germination, une graine germée et bien saine, on enlève aseptiquement sur un flacon à culture préalablement dépourvu du capuchon *ca* (fig. 3) qui protège l'ouverture de la cloche *cl*, le bouchon de coton *co* qui ferme cette ouverture, on introduit la graine par l'ouverture et on la dispose sur l'écran de gaze *g* en engageant la radicule dans l'une des mailles de cet écran ; on replace aussitôt le bouchon de coton et le capuchon de verre. Il est bon d'envelopper la cloche de chacun des appareils ensemencés d'une bande de papier noir, comme il est indiqué en 2 (Photographie 1, Tome 29, Pl. 1), de façon que la lumière ne parvienne à la graine germée que par la partie supérieure de l'appareil et que la tigelle ou la tige soit ainsi amenée à s'allonger vers cette source de lumière. Les appareils ensemencés sont alors disposés sur des supports convenables et laissés en plein air. Dans ces conditions, le développement de la jeune plante continue, la racine croissant dans le milieu de culture stérile, tandis que la tigelle ou la tige s'allonge dans le tube *t*.

Lorsque le contenu des flacons à culture doit être analysé à la fin des expériences quelques flacons sont conservés sans être ensemencés et servent de témoins.

7° *Enlèvement des cloches.* — Lorsque, dans chaque appareil, la tigelle ou la tige a acquis une longueur suffisante et que les cotylédons ou les premières feuilles sont parvenus dans la partie supérieure du tube *t* on procède à l'enlèvement de la cloche *cl* et à la mise à l'air libre des parties aériennes de la jeune plante. Cette opération doit être faite de préférence le soir de façon que les petites plantes, qui se sont développées dans une atmosphère humide, ne soient pas brusquement exposées dans une atmosphère trop sèche. On enlève tout d'abord la cloche *cl* en se plaçant dans les conditions d'asepsie convenables, et à l'aide de pinces flambées ou même avec les doigts préalablement stérilisés au bichlorure de mercure, puis à l'alcool, on soulève le tube de verre *t* en tournant légèrement et en maintenant avec la main libre le manchon de coton *co* qui enveloppe ce tube ; à mesure que le tube est enlevé le manchon de coton se resserre de lui-même autour de la jeune plante, tout d'abord à la base, retenant ainsi l'écran de gaze, puis peu à peu tout le long de la tigelle ou de la tige ; quand le tube est complètement enlevé, on serre le coton autour de la plante à l'aide d'une pince flambée. Enfin on enlève la couronne de coton qui maintenait la cloche. Les divers appareils sont alors disposés dans des supports convenables dont les parois internes sont peintes en noir (Photographie I, Tome 29, Pl. 2). La croissance des plantes se poursuit, les racines se développant à l'obscurité dans un milieu stérile et les organes aériens dans l'air libre. Les supports sont disposés en plein air sous un abri vitré, de manière à éviter que la pluie ne mouille les cotons.

8° *Récolte des plantes, analyse des milieux après les cultures, et contrôle de la stérilité de ces milieux.* — Au cours des cultures, si la nature des recherches l'exige, il est facile de prélever aseptiquement, par la tubulure latérale de chaque appareil, des quantités connues de milieu de culture, de façon à en faire l'analyse et à déterminer les variations survenues dans la composition du liquide pendant la culture.

A la fin des expériences, on prélève aseptiquement dans chaque appareil, par la tubulure latérale, 2 c.c. de liquide de culture que l'on ensemence immédiatement : la moitié dans un tube de bouillon de viande, l'autre moitié dans un tube de bouillon de carotte, de façon à contrôler la stérilité du contenu de chaque flacon. On enlève ensuite la plante. Si le milieu de culture doit faire l'objet d'une analyse, on récolte le liquide contenu dans le flacon et on l'analyse immédiatement en tenant compte des 2 c.c. prélevés pour le contrôle de la stérilité. Enfin, au moment de l'enlèvement de la plante, les racines de cette dernière sont lavées dans l'eau distillée à plusieurs reprises ; l'eau de lavage sert ensuite à entraîner les dernières traces de glucoside qui peuvent être restées sur les parois internes du flacon à culture, puis enfin fait l'objet d'un dosage dont les résultats sont ajoutés à celui obtenu dans l'analyse du liquide de culture. La différence existant entre la quantité de glucoside ainsi constatée dans le liquide de culture de chaque appareil à la fin des expériences, et la quantité qui s'y trouvait au début des cultures représente la quantité de glucoside absorbé par la plante. L'analyse des liquides contenus dans les flacons témoins non ensemencés permet de vérifier que le glucoside contenu dans ces liquides n'a subi aucune altération pendant la durée de l'expérience.

Les plantes récoltées sont photographiées s'il y a lieu ; on procède ensuite à la détermination du poids de chaque plante à l'état frais en pesant d'une part les parties aériennes, et d'autre part les racines ; enfin on détermine la quantité de substance sèche contenue dans chacune de ces parties.

B. — Deuxième technique.

La deuxième méthode de culture comporte, comme il a été dit plus haut, le développement des racines dans un liquide stérile et celui de l'appareil aérien non plus à l'air libre mais dans une atmosphère plus ou moins confinée également stérile et ne communiquant avec l'air libre qu'à travers un bouchon de coton. Elle ne permet l'étude de l'influence des principes immédiats que sur de petites plantes pendant leur développement complet ou sur des plantes de grande taille pendant les premiers stades de leur végétation. Les racines des plantes se développent dans un milieu liquide sans substratum. Cette technique, ne comportant que des manipulations extrêmement simples, permet, comme la précédente, de suivre l'influence du milieu de culture sur la morphologie des racines et de déterminer par l'analyse des liquides de culture les variations apportées dans ces milieux par les plantes qui s'y sont développées.

Cette technique est basée sur l'emploi de tubes de cultures analogues à ceux que M. Molliard (1) a imaginés pour effectuer ses recherches relatives à la production expérimentale des galles. Elle comprend les mêmes sortes de manipulations que la première technique sauf celles qui sont indiquées au paragraphe 7e ; certaines parties de ces manipulations sont identiques dans les deux méthodes, quelques-unes sont différentes ; je vais indiquer en quoi consistent ces dernières.

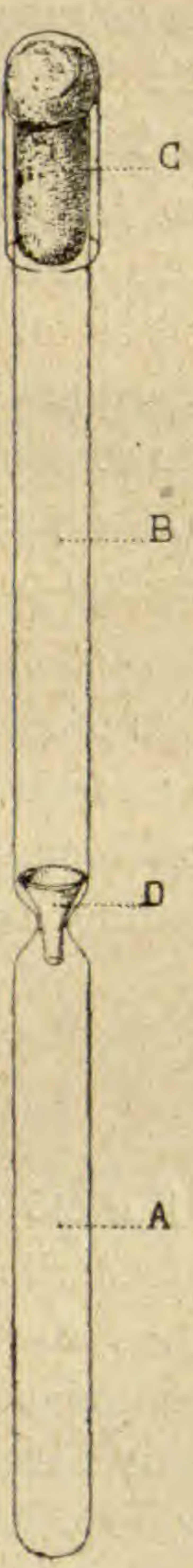


Fig. 6. — Petit tube à culture, (deuxième technique).

1° *Préparation de la verrerie.* — Le matériel nécessaire comprend des objets identiques à ceux qui sont indiqués dans la première technique, à l'exception des appareils à culture qui sont différents ; il comprend de plus un appareil spécial permettant de mesurer, pendant le transvasement aseptique du milieu nutritif, la quantité de liquide introduite dans chaque tube à culture.

Les appareils dans lesquels les plantes sont cultivées, analogues à ceux employés par M. Molliard, sont figurés ci-contre. Le premier modèle (fig. 6), de petites dimensions, est un tube de verre de 39 cm. de longueur et de 2 cm. de diamètre, fermé à l'une de ses extrémités, portant à environ 17 cm. de l'extrémité fermée un fort étranglement qui divise le tube en deux parties, l'une inférieure *A*, l'autre supérieure *B*. Un petit entonnoir de verre *D*, calibré de telle sorte que la partie rétrécie soit assez étroite pour retenir la graine et assez large pour laisser passer la jeune racine, repose sur l'étranglement. Cet entonnoir peut être remplacé avantageusement, surtout lorsqu'on cultive des plantes dont les racines prennent rapidement un gros diamètre, par une lame de coton de verre portant une petite ouverture en son centre et que l'on dispose sur l'étranglement. Lorsque les graines à semer sont d'assez grande taille (Pois, Haricot) pour être retenues par l'étranglement du tube à culture, et que les plantules auxquelles elles donnent naissance présentent de gros cotylédons hypogés qui, après la germination, peuvent soutenir la partie aérienne des plantes au-dessus de l'étranglement, l'emploi de l'entonnoir ou de la lame de coton de verre devient inutile. Un capuchon de verre *C* sert à protéger l'ouverture de chaque tube.

---

(1) M. Molliard. Recherches physiologiques sur les galles (*Rev. gén. de Bot.*, T. XXV, p. 359, 1913).

Le second modèle (fig. 7) diffère du précédent par ses dimensions (46 cm. de longueur, 5cm,5 de diamètre, étranglement à 16 cm. de l'extrémité fermée) et par l'existence d'une tubulure latérale permettant un ensemencement commode et un renouvellement un peu plus actif de l'air contenu dans l'appareil. L'entonnoir est ici pourvu extérieurement de trois petites pointes ; c'est par ces pointes qu'il repose sur l'étranglement. Un espace existe ainsi entre les parois internes du tube à culture et les parois externes de l'entonnoir, ce qui, dans le cas de culture de plantes à tige produisant des racines adventives dans sa région inférieure, permet à ces racines d'atteindre le liquide de culture et de s'y développer. La tubulure latérale et la tubulure supérieure de cet appareil sont protégées par des capuchons de verre *C* et *D*.

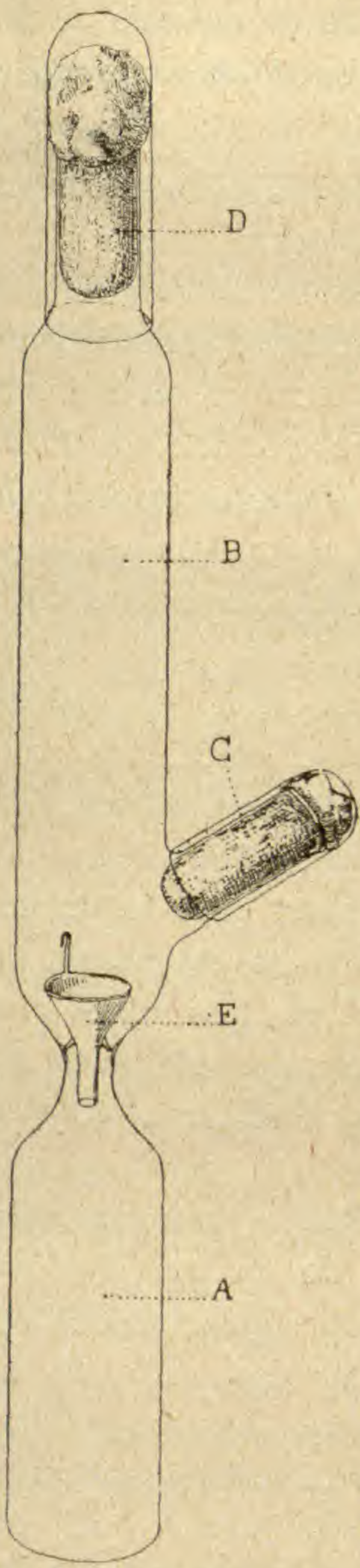


Fig. 7. — Grand tube à culture (deuxième technique).

L'appareil que nous employons, M. Molliard et moi, pour transvaser le liquide nutritif dans les tubes à culture et pour mesurer la quantité de liquide introduite dans chaque tube est constitué par une éprouvette graduée en verre mince, dont l'ouverture supérieure présente un étranglement (fig. 8) ; cette éprouvette porte une tubulure latérale *b* recourbée et terminée en tétine ; de plus, l'extrémité inférieure est étirée et également terminée en tétine *a*. La tubulure supérieure *c* peut être protégée par un capuchon de verre.

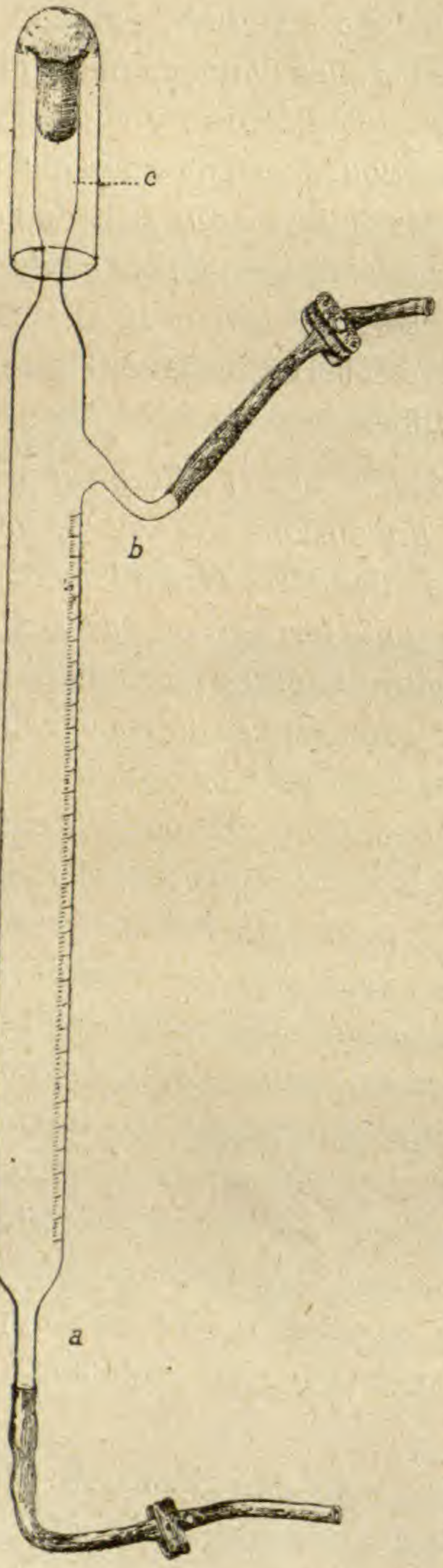


Fig. 8. — Appareil servant à transvaser aseptiquement et en même temps à mesurer les liquides de culture.

Le nettoyage de la verrerie se fait comme il a été indiqué dans la première technique.

2° *Montage et stérilisation des appareils.* — On place dans chaque tube à culture, au-dessus de l'étranglement, soit l'entonnoir calibré d'après la grosseur des graines à semer, soit une lame de coton de verre très fine, de forme circulaire et de diamètre égal à celui du tube, dans le centre de laquelle on a pratiqué une petite ouverture destinée à laisser passer la jeune racine. On ferme avec du coton déjà stérilisé au four l'ouverture supérieure, si on emploie les petits tubes à culture, l'ouverture supérieure et l'ouverture latérale si on emploie les grands. On protège les bouchons de coton avec les capuchons de verre. Les tubes ainsi préparés sont ensuite stérilisés par chauffage au four Pasteur à 170° pendant une heure.

Les éprouvettes à transvasement sont préparées de la manière suivante : l'ouverture supérieure est bouchée au coton et recouverte de son capuchon de verre. La tubulure latérale et la tubulure inférieure sont enveloppées d'une petite lame de coton que l'on maintient en la recouvrant d'un petit capuchon de verre. On stérilise par chauffage au four Pasteur à 170° pendant une heure. Après refroidissement, on débarrasse les tubulures latérale et inférieure de leur capuchon et de leur enveloppe de coton et on adapte à chacune un tube de caoutchouc de 20 cm. de longueur environ préalablement lavé à l'eau distillée chaude comme il a été indiqué dans la technique précédente. L'extrémité libre de chacun des deux tubes de caoutchouc est ensuite adaptée à un tube de verre creux de 10 cm. de longueur dont l'extrémité libre est obturée par un tampon de coton. Chacun de ces tubes de verre ramené contre les parois de l'appareil est fixé au moyen d'une ficelle ou d'un anneau de caoutchouc. Enfin, on introduit dans cet appareil une quantité d'eau suffisante pour le remplir au quart environ et on stérilise par chauffage à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

Le reste de la verrerie est préparé et stérilisé comme il a été indiqué à propos de la première technique.

3° *Préparation et stérilisation des milieux de culture.* — Les liquides de culture employés sont les mêmes que ceux dont il a été question dans l'exposé de la première technique. Lorsque les expériences comportent l'emploi de liquides pouvant être stérilisés par chauffage à l'autoclave sans qu'aucun de leurs composants soient susceptibles d'être altérés on peut stériliser lesliquides nutritifs dans les tubes à culture. Pour cela, on introduit dans chaque tube à culture une quantité de liquide nutritif suffisante pour que la surface parvienne à 1 à 3 millimètres de l'étranglement; on emploie pour cette opération une burette graduée de façon à connaître la quantité de liquide reçue dans chaque tube. On stérilise ensuite les tubes et leur contenu par chauffage à l'autoclave à 120° pendant une demi-heure. Dans ces conditions, aucun transvasement n'est nécessaire, et par conséquent l'emploi de l'éprouvette à transvasement aseptique décrite plus haut devient inutile.

Lorsque les liquides de culture ne peuvent être stérilisés par la chaleur, on pratique la stérilisation par filtration à la bougie dans les conditions qui ont été indiquées antérieurement (première technique), les liquides filtrés étant reçus dans les ballons à tubulure latérale effilée.

4° *Transvasement aseptique des milieux de culture dans les tubes et analyse de ces milieux avant la culture.* — Pour faire la distribution aseptique du liquide de culture dans les tubes, on fixe tout d'abord sur un support, à l'aide d'une pince double, le ballon à tubulure latérale effilée contenant le liquide stérilisé, cette tubulure étant dirigée obliquement vers le haut, ainsi que cela est indiqué dans la première technique. D'autre part, on fixe sur un second support l'appareil à transvasement disposé verticalement et, à l'aide de pinces à vis, on obture en leur région médiane les deux tubes de caoutchouc adaptés aux tubulures de ce dernier ; on flambe la partie effilée du tube latéral du ballon, on flambe également l'extrémité du tube de caoutchouc de la branche *b* de l'appareil à transvasement dans la région qui enserre le tube de verre creux, on brise l'extrémité du tube latéral du ballon, on enlève le tube de verre creux qui obture le tube de caoutchouc et, en prenant les précautions aseptiques nécessaires, on adapte le tube de caoutchouc qui vient d'être ouvert à la pointe effilée également ouverte du tube latéral du ballon. On incline ensuite le ballon la pointe vers le bas de façon que le liquide puisse couler dans le tube de caoutchouc.

D'autre part, on étire en une longue pointe effilée le tube de verre qui termine le tube de caoutchouc adapté à la tubulure *a* de l'appareil, et on maintient ce tube dans une pince fixée sur un troisième support. On flambe cette pointe effilée, on casse son extrémité, et, en desserrant la pince qui ferme le tube de caoutchouc auquel cette pointe est adaptée, on laisse écouler l'eau contenue dans l'appareil. On resserre cette dernière pince, on ouvre légèrement la pince du tube de caoutchouc supérieur et on laisse couler quelques centimètres cubes de liquide dans le tube gradué ; puis, en ouvrant à nouveau la pince inférieure on laisse sortir la plus grande partie de ce liquide ; de cette façon, on lave les parois de l'appareil à transvasement et on remplit de liquide de culture le tube de caoutchouc inférieur et la pointe de verre qui le termine.

On fait alors pénétrer l'extrémité de la pointe de verre dans un tube à culture entre le bouchon de coton et la paroi de verre, jusqu'à ce que l'extrémité de la pointe atteigne l'étranglement (1) ; on remplit l'appareil de transvasement jusqu'à la division 0 ; enfin, on laisse couler le liquide dans le tube à culture jusqu'à ce que sa surface parvienne dans ce tube au voisinage de l'étranglement ; la lecture de la graduation à laquelle le niveau du liquide est descendu dans l'appareil de transvasement indique en volume la quantité de liquide introduite dans le tube à culture. On opère ainsi successivement le remplissage de plusieurs tubes jusqu'à ce que le ballon tubulé ne renferme plus que 100 à 150 c.c. de liquide. Cette quantité de milieu de culture restante est ultérieurement employée au dosage de la proportion de glucoside contenue dans un volume déterminé de milieu. Connaissant ainsi, d'une part, le volume du liquide reçu dans chaque tube à culture, d'autre part, la teneur en glucoside d'un volume donné de ce liquide, on possède les données nécessaires pour calculer la quantité de glucoside contenue dans chaque tube au début des cultures.

---

(1) Lorsqu'on utilise des tubes de grand modèle, présentant une tubulure latérale (fig. 7), le remplissage se fait par cette tubulure, et il suffit alors d'employer une pointe de verre de faible longueur, que l'on fait pénétrer de façon que son extrémité dépasse seulement de 2 ou 3 centimètres la base du bouchon de coton.

Les tubes à culture ainsi préparés sont laissés au repos pendant un mois. Si à ce moment les liquides sont restés stériles on peut alors procéder à l'ensemencement.

5° *Stérilisation des graines et mise en train de la germination.* — (Comme dans la première technique).

6° *Transport des graines germées dans les flacons à culture.* — (Voir aussi la première technique). Une graine germée est introduite dans chaque tube à culture, par la tubulure supérieure dans le cas de l'emploi des tubes de petit modèle (fig. 6), par la tubulure latérale dans le cas de l'emploi des tubes de grand modèle (fig. 7); la radicule est engagée soit dans l'étranglement si les graines sont grosses et que l'interposition d'un support ait été jugée inutile, soit dans la partie étroite de l'entonnoir si ce petit appareil est employé, soit enfin dans l'ouverture centrale de la plaque de coton de verre si c'est ce dernier support qui a été adopté.

Les tubes ensemencés sont rangés sur des porte-tubes que l'on dispose à une bonne lumière diffuse en plein air. Les jeunes racines continuent à se développer dans le liquide stérile, les parties aériennes dans l'atmosphère stérile ne communiquant avec l'air libre qu'à travers les bouchons de coton.

7° *Récolte des plantes et analyse des milieux de culture après les cultures.* — On enlève la plante développée dans chaque tube, on recueille le liquide de culture, on lave la racine de la plante dans un peu d'eau distillée renouvelée à deux reprises : cette eau de lavage sert ensuite à laver les parois du tube à culture, puis on l'ajoute au liquide nutritif recueilli. On dose enfin le glucoside contenu dans ce liquide additionné des eaux de lavage. La différence existant entre la quantité de glucoside constatée dans chaque tube à la fin des cultures et la quantité qui s'y trouvait au début représente le glucoside absorbé par la plante.

Des dosages sont également effectués sur des tubes témoins non ensemencés.

Les tubes à culture étant de faible diamètre, et les racines se développant dans un liquide limpide on peut à tout moment se rendre compte de l'action du milieu employé sur la morphologie externe des plantes en culture et en particulier sur les racines. On peut même les dessiner et les photographier si cela est jugé intéressant.

C. — Troisième technique.

La troisième technique de culture comporte le développement des racines dans un liquide stérile avec substratum solide (pierre ponce granulée) ou dans un milieu nutritif solidifié par addition de gélose, et celui de l'appareil aérien dans une atmosphère plus ou moins confinée également stérile. L'emploi du substratum présente l'avantage de réaliser un milieu de culture dont les caractères physiques sont plus voisins de ceux du sol que dans le cas où ce milieu est un liquide limpide, mais il rend difficile l'observation détaillée de l'influence progressive exercée par le milieu sur les racines, ainsi que l'analyse du milieu après les cultures. Cette méthode est à peu de chose près celle qui a été imaginée par Molliard (1) pour effectuer ses recherches relatives à la culture des plantes supérieures en présence de substances hydrocarbonées. Elle permet d'étudier l'influence d'un principe immédiat quelconque sur la morphologie des végétaux supérieurs et sur le rendement en substance fraîche et en substance sèche.

La technique des cultures dans ces conditions comprend les mêmes sortes de manipulations que la technique précédente, je vais indiquer les quelques points par lesquels elles diffèrent.

---

(1) M. Molliard. *Loc. cit. (Rev. gén. de Bot.*, 1907).

1° *Préparation de la verrerie.* — Le matériel nécessaire comprend les mêmes objets que ceux qui ont été indiqués pour la technique précédente, à l'exception des tubes à culture qui sont différents. Les tubes employés ici sont les tubes de Molliard dont un modèle a été figuré dans le Mémoire auquel nous avons fait allusion plus haut (1).

La verrerie est préparée comme il est indiqué dans les techniques précédentes.

2° *Montage et stérilisation des appareils.* — Si l'on doit faire les cultures sur un substratum solide immergé dans le liquide nutritif, on emploie comme substratum la pierre ponce granulée (2). On introduit donc dans chaque tube à culture un volume déterminé, 90 c.c. par exemple, de pierre ponce granulée préalablement calcinée et lavée. On obture l'ouverture des tubes par un tampon de coton, on recouvre d'un capuchon de verre, et on stérilise par chauffage au four Pasteur à 170° pendant une heure. Si l'on doit utiliser un milieu de culture constitué par un liquide nutritif gélosé, on stérilise les tubes vides après les avoir bouchés au coton et recouvert leur col d'un capuchon de verre.

Le reste de la verrerie est préparé et stérilisé comme il a été indiqué dans les techniques précédentes.

3° *Préparation et stérilisation des milieux de culture.* — Dans le cas de cultures sur substratum de pierre ponce, on emploie les mêmes milieux que dans les techniques précédentes. Si les liquides peuvent être stérilisés par chauffage à l'autoclave on introduit dans chaque tube de culture contenant déjà le substratum stérilisé une quantité de liquide nutritif suffisante pour recouvrir la surface de la pierre ponce (60 c.c. pour 90 c.c. de pierre ponce granulée), puis on stérilise par chauffage à l'autoclave pendant 30 minutes à 120°. Lorsque les liquides ne peuvent être chauffés, on stérilise par filtration à la bougie en recevant les milieux filtrés dans des ballons à tubulure latérale effilée (Voir les techniques précédentes).

Dans le cas de cultures sur milieux gélosés, on ne peut stériliser ces milieux que par chauffage à l'autoclave, il ne faut donc employer dans la préparation des liquides nutritifs que des composés susceptibles de supporter le chauffage à l'autoclave sans être altérés. Dans ces conditions, on introduit dans chaque tube à culture préalablement stérilisé au four, 1g, 10 de gélose divisée en menus fragments et 75 c.c. de liquide nutritif. On chauffe à 120° à l'autoclave pendant 30 minutes. Pendant cette stérilisation la gélose se dissout dans le liquide ; aussitôt après l'ouverture de l'autoclave et pendant que le contenu des tubes est encore chaud on agite avec soin ce contenu et on le laisse se solidifier par refroidissement en plaçant les tubes dans la position verticale.

---

(1) M. Molliard. *Loc. cit. (Rev. gén. de Bot.*, p. 244, fig. 1, 1907).

(2) M. Molliard. Valeur alimentaire de l'asparagine et de l'urée vis-à-vis du Radis *(Bull. Soc. bot. de France*, T. LVI, 4e Série, T. IX, p. 534, 1909).

4° *Transvasement aseptique des milieux de culture dans les tubes.* — Il résulte de ce qui vient d'être dit que ce transvasement n'est nécessaire que dans le cas de cultures sur substratum de pierre ponce en présence d'un liquide contenant un glucoside altérable par la chaleur. Ce transvasement se fait comme il a été indiqué dans la deuxième technique. Il suffit, dans cette opération, que la pointe de verre de l'appareil à transvasement par laquelle le liquide doit s'écouler dans les tubes à culture pénètre de quelques centimètres seulement à l'intérieur des tubes ; on laisse couler le liquide nutritif stérile jusqu'à ce que la surface du substratum de pierre ponce en soit largement recouverte.

5° *Stérilisation des graines et mise en train de la germination.* — (Comme dans la première technique).

6° *Transport des graines germées dans les tubes à culture.* — (Voir la première technique). Dans le cas de l'emploi d'un substratum de pierre ponce, une graine germée est introduite dans chaque tube à culture et déposée dans une des anfractuosités que présente la surface du substratum, la radicule étant engagée entre les fragments de pierre ponce.

Dans le cas de l'emploi d'un liquide nutritif gélosé, on perce préalablement la surface de la gélose, à l'endroit où la graine devra être semée, au moyen d'une tige métallique venant d'être stérilisée à la flamme ; c'est dans la petite cavité conique d'environ 1 cm. de profondeur ainsi faite que l'on engage la radicule de la graine au moment de l'ensemencement.

Les tubes ensemencés sont rangés sur des porte-tubes que l'on place à la lumière diffuse en plein air. Les jeunes racines continuent à croître soit dans le liquide nutritif à la surface des grains de ponce soit dans la masse gélosée, les parties aériennes se développant dans l'atmosphère stérile des tubes.

Il a été nécessaire, dans un certain nombre d'expériences, de faire les cultures de telle façon que les plantes ne puissent assimiler le carbone de l'air et qu'il leur soit impossible de trouver d'autre source de carbone que celle qui leur était fournie dans le milieu de culture sous forme de glucoside. Pour cela, aussitôt que les semis étaient faits, soit dans les tubes étranglés de la deuxième technique, soit dans les gros tubes de la troisième technique, le bouchon de coton de chaque tube, après avoir été flambé, était poussé assez profondément dans le goulot et l'ouverture de ce dernier était hermétiquement bouchée à l'aide d'un bouchon en caoutchouc neuf. Dans ces conditions, la plante se développait en atmosphère confinée; après avoir assimilé la petite quantité de gaz carbonique contenue dans le tube, les parties vertes ne pouvaient assimiler que le gaz carbonique mis en liberté dans le phénomène respiratoire, ce qui ne constituait aucun gain de carbone pour la plante. Dans quelques-unes des expériences effectuées, le bouchon de caoutchouc a été remplacé par une couche de mercure.

7° *Récolte des plantes.* — Les plantes doivent être enlevées des tubes avec beaucoup de précautions. Dans le cas des cultures sur pierre ponce les racines doivent être dégagées des fragments de ponce en évitant de casser les fines radicelles. Si les cultures ont été faites sur gélose on est obligé le plus souvent de casser les tubes, de sortir la masse de gélose qui contient les racines et de dégager ensuite ces dernières avec précaution.

IV

RECHERCHES RELATIVES A L'ÉTUDE DU RÔLE DES SAPONINES

Les premiers essais expérimentaux que j'entrepris en vue d'étudier le rôle que jouent les glucosides chez les végétaux portèrent sur des glucosides appartenant au groupe des saponines.

A. — Première série de cultures, 1909.

Les premières cultures furent entreprises en 1909. Elles furent faites au moyen de la troisième technique : culture de plantes en milieux stériles (tubes de Molliard) et dans des conditions telles que les parties aériennes se développent dans une atmosphère plus ou moins complètement limitée. Les milieux de culture étaient constitués par des liquides nutritifs solidifiés au moyen de la gélose.

Les plantes sur lesquelles ont porté les expériences sont l'*Œnothera biennis* et le *Saponaria officinalis*. Les milieux de culture employés étaient au nombre de trois :

1° Un milieu témoin constitué par du liquide de Knop solidifié par addition de 1,5 °/₀ de gélose.

2° Le même milieu de Knop gélosé additionné de 5 °/₀ de saponine.

3° Le milieu de Knop gélosé additionné de 10 °/₀ de saponine.

La saponine qui servit dans ces expériences est la saponine de Merck que je purifiai par trois traitements successifs au moyen de l'alcool à 85° bouillant ; la saponine se dissout dans l'alcool bouillant et se précipite par refroidissement ; après chaque précipitation le glucoside est lavé avec de l'alcool à 85° froid.

Chaque flacon à culture recevait 75 c c. de milieu. La stérilisation a été réalisée par chauffage à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

Les graines d'*Œnothera* et à *Saponaria* furent stérilisées au moyen du bichlorure de mercure et, après début de la germination en tubes à essais stériles, elles furent portées dans les tubes à culture, le 12 mai 1909 pour les graines d'*Œnothera* et le 26 mai pour les graines de *Saponaria*. Les tubes ensemencés furent ensuite exposés à une bonne lumière diffuse. Pour chacun des trois milieux, la moitié des flacons préparés en vue de la culture de l'*Œnothera* et ensemencés ont été bouchés hermétiquement par un bouchon de caoutchouc placé au-dessus du tampon de coton stérile du col. Les plantes qui se développaient à l'intérieur de ces flacons, en atmosphère complètement limitée, étaient donc dans l'impossibilité de s'enrichir en carbone aux dépens de l'anhydride carbonique de l'air. Les flacons constituant l'autre moitié n'ont pas reçu ces bouchons de caoutchouc, leur tubulure est restée obturée seulement par le tampon de coton stérile, lequel permet dans une certaine mesure des échanges entre l'atmosphère interne des flacons à culture et l'extérieur ; dans ces dernières conditions les plantes cultivées pouvaient donc assimiler au moins en petite quantité l'anhydride carbonique de l'air. Quant aux flacons destinés à la culture du *Saponaria,* tous ont été bouchés au caoutchouc.

La récolte des plantes cultivées dans les diverses conditions qui viennent d'être indiquées eut lieu, pour les *Œnothera,* le 16 juillet, c'est-à-dire après 65 jours de culture, pour les *Saponaria*, le 18 août, c'est-à-dire après 84 jours.

Les poids moyens des individus séchés à 105° ont été les suivants :

Œnothera cultivé en milieu de Knop et en atmosphère non complètement limitée	0, 007
Œnothera cultivé en présence de 5 °/o de saponine et en atmosphère non complètement limitée	0, 003
Œnothera cultivé en présence de 10 °/o de saponine et en atmosphère non complètement limitée	0, 002
Œnothera cultivé en milieu de Knop et en atmosphère complètement limitée	0, 001
Œnothera cultivé en présence de 5 °/o de saponine et en atmosphère complètement limitée	0, 001
Œnothera cultivé en présence de 10 °/o de saponine et en atmosphère complètement limitée	0, 001
Saponaria cultivé en milieu de Knop et en atmosphère complètement limitée	0, 004
Saponaria cultivé en présence de 5 °/o de saponine et en atmosphère complètement limitée	0, 004
Saponaria cultivé en présence de 10 °/o de saponine et en atmosphère complètement limitée	0, 004

D'une manière générale les *Œnothera* et les *Saponaria* développés en culture pure ont poussé lentement et n'ont donné que de petites plantes.

Au point de vue morphologique, les parties aériennes des plantes cultivées en milieu de Knop et en milieu additionné de saponine diffèrent peu les unes des autres mais les parties souterraines présentent au contraire de profondes différences. Tandis que chez les individus développés en milieu de Knop la racine atteint une longueur de 3 à 4 cm. et se ramifie assez abondamment, chez les plantes développées en milieu de Knop additionné de saponine, la radicule, après avoir commencé à se développer, est devenue brune, a cessé de s'allonger et s'est seulement légèrement épaissie de telle sorte qu'à la fin des cultures les racines de ces plantes sont réduites à des organes mal constitués courts et épais.

Les résultats ci-dessus, relatifs au poids de la substance sèche constituée par les plantes développées dans les divers milieux, ne permettent de tirer aucune conclusion pour ce qui concerne les individus cultivés en atmosphère complètement limitée. Dans ces conditions, les plantes cultivées en l'absence ou en présence de saponine se sont toutes très peu développées, leur poids est resté extrêmement faible, il est le même pour les trois groupes d'*Œnothera* cultivés l'un en milieu de Knop, l'autre en milieu de Knop additionné de 5 °/₀ de saponine, le troisième en milieu de Knop additionné de 10 °/₀ de saponine. Les mêmes faits se sont produits pour le *Saponaria*.

Par contre, pour ce qui concerne les *Œnothera* développés en atmosphère incomplètement limitée, on constate une formation de substance sèche moins grande en milieu additionné de saponine ; il semble donc que ce glucoside ait une action nocive sur le développement de l'*Œnothera* et cette action semble même être d'autant plus active que le glucoside est employé en concentration plus forte, les individus cultivés en milieu additionné de 10 °/₀ de saponine ont en effet un poids sec moins élevé que ceux qui sont cultivés en présence de 5 °/₀ du même glucoside.

En résumé, d'une part, les *Œnothera* cultivés en atmosphère incomplètement limitée ayant formé une quantité de substance sèche moindre en présence de la saponine qu'en l'absence de ce glucoside, et d'autant moindre que la concentration en saponine est plus forte, d'autre part, chez les *Œnothera* et les *Saponaria* cultivés en atmosphère complètement ou incomplètement limitée, les parties souterraines, qui sont en contact direct avec le milieu de culture ayant montré des caractères très nets de souffrance dans les milieux additionnés de saponine, on est amené à conclure que, pour l'*Œnothera* et le *Saponaria*, la saponine mise à la disposition des racines a exercé une action nocive.

B. — Deuxième série de cultures, 1911.

Les premiers essais effectués en 1909 ayant mis en évidence une action nocive de la saponine, j'entrepris en 1911 une nouvelle série d'expériences en employant des milieux de culture renfermant la saponine à des concentrations beaucoup plus faibles que celles des milieux utilisés en 1909. Il se pouvait en effet qu'à la concentration de 5 °/o ou 10 °/o la saponine agît comme toxique mais qu'elle se comportât comme aliment à des doses plus faibles.

Les expériences ont porté sur le *Raphanus sativus*. Comme dans les expériences précédentes, les cultures furent faites au moyen de la troisième technique (en tubes de Molliard), mais les milieux employés ne furent pas solidifiés par addition de gélose ; ils furent constitués par la solution de Knop additionnée ou non de saponine et versée dans les tubes de culture renfermant déjà de la pierre ponce granulée en quantité exactement suffisante pour que, dans chaque tube, après imbibition de la pierre ponce, la couche de substratum solide fût complètement recouverte par le liquide de culture.

Les liquides nutritifs furent stérilisés par filtration à la bougie. La stérilisation des graines de *Raphanus* a été réalisée à l'aide de la solution de bichlorure de mercure à 10 °/oo. Les graines avaient été choisies puis pesées et on a conservé seulement celles qui ne présentaient pas entre elles de différences de poids supérieures à 2 milligrammes. Le poids sec d'une graine, dépourvue de ses téguments, déterminé d'après le poids de 100 de ces graines est de 0^{g}, 009.

Le semis a été effectué dans les tubes à culture le 3 juin 1911. Les milieux de culture étaient constitués par :

1° Le liquide de Knop.
2° Le liquide de Knop additionné de 0^{g}, 25 °/oo de saponine.
3° — — 0^{g}, 50 °/oo —
4° — — 1^{g} °/oo —

La saponine employée était encore la saponine de Merck purifiée comme il a été indiqué plus haut.

Dans chaque lot de tubes à culture, une partie des tubes étaient simplement bouchés au coton de façon que les échanges gazeux fussent possibles entre l'atmosphère des tubes et l'extérieur, les autres étaient bouchés avec des bouchons de caoutchouc de façon à réaliser une atmosphère limitée.

Tous les tubes furent placés à une bonne lumière diffuse.

TABLEAU I

ÉTUDE DU RÔLE DE LA SAPONINE COMME ALIMENT CARBONÉ POUR LE RADIS

POIDS SECS DE RADIS CULTIVÉS DANS LE LIQUIDE DE KNOP ET DANS CE LIQUIDE ADDITIONNÉ DE SAPONINE							
TUBES FERMÉS AU COTON ; LES PLANTES ASSIMILENT DURÉE DE L'EXPÉRIENCE : 2 MOIS				TUBES FERMÉS PAR UN BOUCHON ; LES PLANTES N'ASSIMILENT PAS DURÉE DE L'EXPÉRIENCE : 1 MOIS ET DEMI			
LIQUIDE DE KNOP	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,25 POUR 1000 DE SAPONINE	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,50 POUR 1000 DE SAPONINE	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 1 POUR 1000 DE SAPONINE	LIQUIDE DE KNOP	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,25 POUR 1000 DE SAPONINE	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,50 POUR 1000 DE SAPONINE	LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 1 POUR 1000 DE SAPONINE
0, 065	0, 051	0, 046	0, 035	0, 022	0, 018	0, 031	0, 024
0, 059	0, 048	0, 040	0, 033	0, 020	0, 017	0, 023	0, 016
0, 055	0, 047	0, 040	0, 029	0, 020	0, 016	0, 019	0, 015
0, 052	0, 043	0, 030	0, 025	0, 015	0, 015	0, 012	0, 014
0, 048	0, 036	0, 014	0, 025	0, 015	0, 014	0, 011	
0, 033	0, 026			0, 014			
				0, 013			
POIDS MOYENS				POIDS MOYENS			
0, 052	0, 042	0, 034	0, 029	0, 017	0, 016	0, 019	0, 017
AUGMENTATIONS MOYENNES SUBIES PAR LES PLANTES				AUGMENTATIONS MOYENNES SUBIES PAR LES PLANTES			
0, 043	0, 033	0, 025	0, 020	0, 008	0, 007	0, 010	0, 008

La récolte des plantes eut lieu le 18 juillet pour les tubes fermés à l'aide d'un bouchon de caoutchouc et le 3 août pour les tubes fermés au coton.

Les poids secs des plantes développées dans ces diverses conditions sont réunis dans le tableau précédent.

Il résulte de l'examen de ce tableau que :

1° Pour ce qui concerne les Radis développés en tubes fermés au coton, ces plantes étant par conséquent susceptibles d'assimiler dans une certaine mesure le gaz carbonique de l'air, l'addition au liquide de Knop de doses croissantes de saponine a eu pour résultat de diminuer la production de substance sèche chez les plantes en expérience. Cette diminution est d'autant plus grande que la concentration en saponine est plus forte. On voit en effet que les augmentations moyennes de poids sec constatées au cours de la culture ont été respectivement de 0, 043, 0,033, 0, 025, 0, 020, pour les plantes cultivées en liquide de Knop et pour celles cultivées dans ce liquide additionné de 0, 25 °/₀₀, 0, 50 °/₀₀ et 1 °/₀₀ de saponine. De cette première série de cultures, il semble donc logique de conclure qu'aux faibles concentrations auxquelles la saponine a été employée, ce glucoside agit encore sur le Radis comme une substance toxique.

2° Pour ce qui concerne les Radis développés en tubes fermés à l'aide de bouchons de caoutchouc, ces plantes se trouvant par conséquent dans l'impossibilité d'assimiler le gaz carbonique de l'air, les résultats sont différents. L'augmentation de poids sec est très faible et à peu près la même dans tous les milieux. Les petites différences constatées doivent être rapportées aux variations individuelles.

Les résultats de la seconde série de cultures concordent donc avec ceux de la première ; la saponine, mise au contact des racines, même à de faibles concentrations, exerce une action nocive aussi bien sur le *Raphanus sativus* que sur l'*Œnothera biennis* et le *Saponaria officinalis*.

C. — Troisième série de cultures, 1912.

D'après les renseignements qui m'ont été donnés par la maison Merck, la saponine employée dans les expériences précédentes provenait des racines de *Gypsophila*. La saponine de *Gypsophila* se montrant nocive pour l'*Œnothera biennis*, le *Saponaria officinalis* et le *Raphanus sativus*, j'ai été amené à me demander si une espèce chimique végétale telle que la saponine, se comportant comme une substance toxique pour les plantes n'appartenant pas à l'espèce qui la produit normalement, agirait de la même manière vis-à-vis de l'espèce productrice. Les expériences de culture effectuées par de nombreux auteurs pour étudier l'utilisation du glucose par exemple ont toujours abouti à des résultats positifs quelles que soient les plantes avec lesquelles les recherches aient été entreprises. Mais, toutes les plantes renferment du glucose, il semble donc normal que toutes utilisent également ce sucre lorsqu'on l'ajoute au milieu dans lequel se fait le développement. Un très grand nombre de plantes renferment aussi des glucosides, mais ces glucosides présentent entre eux des différences de constitution considérables; un même glucoside n'existe que dans une espèce végétale ou dans un petit nombre d'espèces, et il serait possible qu'un glucoside donné, produit par une espèce déterminée ou par un groupe de quelques espèces végétales ne pût être utilisé que par cette espèce ou par ce petit groupe d'espèces. Cette hypothèse expliquerait la non utilisation et la toxicité de la saponine pour les plantes dont les tissus ne contiennent pas ce glucoside.

J'ai donc entrepris une nouvelle série de cultures en opérant avec la saponine d'*Agrostemma Githago ;* j'ai fait agir cette saponine, d'une part sur l'*Agrostemma Githago* lui-même, d'autre part sur trois espèces végétales très différentes de la précédente : *Pisum sativum, Polygonum Fagopyrum, Raphanus sativus*. J'ai préparé moi-même la saponine qui devait être employée dans ces expériences. Il est en effet à craindre que, dans les cultures de ce genre, l'espèce chimique employée, achetée dans le commerce, ne contienne à l'état d'impuretés des traces de substances toxiques même indécelables par les méthodes d'analyse chimique mais suffisantes cependant pour agir sur ces réactifs extrêmement sensibles que constituent les végétaux. Il suffirait par exemple, dans le cas présent, que la saponine fût préparée par précipitation au moyen de l'acétate de plomb pour que, malgré toutes les purifications réalisées, le glucoside obtenu contînt encore des traces de sel de plomb suffisantes pour que des plantes cultivées en présence de ce glucoside fussent sensibles à ce sel toxique. Il m'a donc paru nécessaire de préparer moi-même la substance à étudier en évitant, dans cette préparation, l'emploi de substances fixes toxiques.

J'ai extrait la saponine des graines d'*Agrostemma Githago* que je venais de récolter après complète maturation. Les graines, séchées à 50°, ont été pulvérisées ; la poudre obtenue a été lavée à l'éther et séchée à nouveau. La saponine a été extraite par l'alcool à 60° bouillant en présence d'un peu de carbonate de calcium, le traitement par l'alcool bouillant étant effectué à trois reprises successives en renouvelant l'alcool.

La liqueur alcoolique est évaporée au bain-marie sous faible pression jusqu'à réduction à un poids d'extrait égal au septième environ du poids de la poudre de graines traitée. Cet extrait est repris par 15 volumes d'alcool à 90° bouillant ; on maintient l'ébullition pendant quelques instants et on filtre le liquide bouillant. Par refroidissement la saponine se dépose.

Le produit obtenu est ensuite purifié à trois reprises par dissolution dans l'alcool à 90° bouillant et précipitation par refroidissement. L'agrostemmasaponine est enfin séchée dans le vide en présence d'acide sulfurique.

Les cultures ont été faites suivant la seconde technique, dans les tubes étranglés de petit modèle, de façon à pouvoir suivre facilement l'influence des milieux nutritifs sur le développemunt des racines.

Les graines ont été stérilisées par l'eau oxygénée.

L'*Agrostemma Githago* et le *Pisum sativum* ont été cultivés en liquide de Knop, ainsi que dans ce liquide additionné de 0, 10, 0, 25, 0, 50 et 1 °/₀₀ d'agrostemmasaponine. L'*Agrostemma* a, de plus, été cultivé en présence de 2 et 10 °/₀₀ de cette saponine. Le *Polygonum Fagopyrum* et le *Raphanus sativus* ont été cultivés seulement dans le liquide de Knop et dans ce liquide additionné de 0, 10 et 0, 50 °/₀₀ du même glucoside.

Chaque semence d'*Agrostemma* avait un poids compris entre 0, 012 et 0, 014.

Chaque semence de *Pisum* avait un poids compris entre 0, 136 et 0, 146.

Chaque semence de *Polygonum* avait un poids compris entre 0, 025 et 0, 028.

Chaque semence de *Raphanus* avait un poids compris entre 0, 010 et 0, 012.

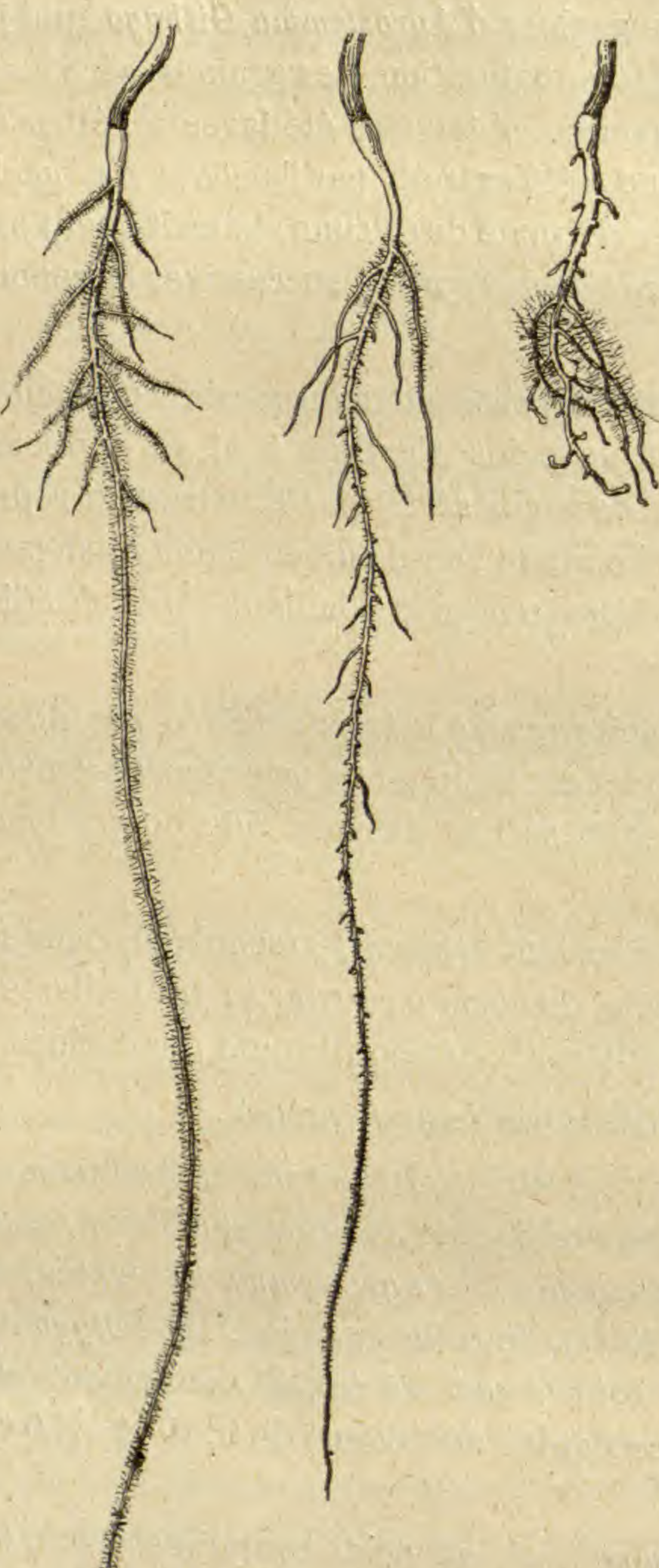


Fig. 9. — Racines de *Raphanus* développées : la première à gauche, en liquide de Knop, la deuxième en liquide de Knop additionné de 0,10 p. 1000 d'agrostemmasaponine, la troisième en liquide de Knop additionné de 0,50 p. 1000 de ce même glucoside.

Le poids sec moyen de chacune de ces semences, déterminé d'après celui de 10 semences était :

Pour l'*Agrostemma:* poids du tégument, 0, 005 ; poids de l'ensemble de l'embryon et de l'albumen, 0, 0062 ; poids de la graine entière, 0, 0112.

Pour le *Pisum:* poids de la graine entière, 0, 120.

Pour le *Polygonum :* poids de l'ensemble du péricarpe et du tégument, 0, 0054, poids de l'ensemble de l'embryon et de l'albumen, 0, 0167 ; poids de la semence entière, 0,0221.

Pour le *Raphanus :* poids du tégument, 0, 001 ; poids de l'embryon, 0, 0091 ; poids total de la graine, 0, 0101.

Chaque série de cultures comprenait cinq individus. Les semis ont été faits le 4 Juin ; les plantes ont été suivies jusqu'au 5 août, date à laquelle elles ont été récoltées pour permettre d'effectuer la détermination du poids sec ; ces plantes étaient donc, au moment de la récolte, âgées de 2 mois. Dans chaque lot un individu moyen avait été dessiné le 22 juillet, soit en entier, soit en partie (racine). C'est l'ensemble de ces dessins que représentent les planches 15, 16, 18 et les figures 9 et 10. Au moment de la récolte, le 5 août, quelques exemplaires dans chaque lot de plantes ont été photographiés. Ces photographies sont reproduites dans les planches 2 et 3 (Tome 29).

Dès le sixième jour après que les jeunes plantes furent placées au contact des liquides de culture, il fut possible de constater des différences profondes entre les divers lots. Tandis que toutes celles qui se développaient dans le liquide de Knop présentaient une racine normale pourvue de nombreux poils absorbants, les racines des *Pisum,* des *Polygonum* et des *Raphanus* cultivés dans toutes les solutions contenant de la saponine, même les plus faiblement concentrées, montraient des caractères très nets de souffrance, dont le plus important était la mort de tous les poils absorbants. Par contre tous les lots d'*Agrostemma,* même ceux correspondant aux plus fortes concentrations en agrostemmasaponine, présentaient des racines normales pourvues de poils absorbants aussi bien dans le liquide nutritif renfermant 10 p. 1000 de glucoside que dans le liquide de Knop n'en contenant pas. Après 6 jours de culture, il était donc déjà possible de constater très nettement que *l'agrostemmasaponine est nocive, même à de faibles concentrations (0, 10 p. 1000) pour les espèces végétales ne produisant pas ce glucoside tandis qu'elle n'exerce aucune action toxique, même à une concentration cent fois plus forte, sur la plante qui la produit, l'*Agrostemma Githago.

L'examen des cultures, dans la suite de l'expérience, a confirmé ces premiers résultats. Pendant les semaines qui suivirent, il fut constaté que, chez le *Pisum,* la mort des poils absorbants fut suivie de l'apparition à la surface des racines de plissements d'autant plus accusés que les plantes se développaient dans des liquides plus concentrés en saponine. La planche 18, qui représente les exemplaires de *Pisum* cultivés dans les liquides à diverses concentrations de saponine en grandeur naturelle, ainsi qu'une partie de la racine grossie de chacun de ces exemplaires, montre mieux que toute description cette action nocive de l'agrostemmasaponine. Dans le liquide nutritif contenant 0, 10 p. 1000 de glucoside, l'allongement de la racine ne fut pas sérieusement entravé, mais dans les milieux plus fortement concentrés en saponine, il devint bientôt très lent, puis un peu plus tard à peu près nul. Chez le *Raphanus,* des phénomènes de même nature se produisirent ; on peut voir sur la figure 9 que l'allongement de la racine est légèrement entravé en présence de 0, 10 p. 1000 de saponine et complètement arrêté en présence de 0, 50 p. 1000 de glucoside. Les ramifications supérieures des racines développées en milieux contenant de la saponine, qui portent des poils absorbants normaux, étaient émergées et non en contact avec le milieu liquide, ce qui explique la présence de ces poils à leur surface. En présence de 0, 10 p. 1000 de saponine, la racine de *Raphanus* conserve encore des poils absorbants très courts, elle n'en présente plus dans le milieu contenant 0, 50 p. 1000 de glucoside. Les parties aériennes des *Raphanus* développés en présence de 0, 50 p. 1000 de saponine restent très réduites (Planche 3, Tome 29). Le *Polygonum* est plus sensible encore que le *Raphanus*; la concentration de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine suffit, non seulement pour tuer les poils absorbants, mais encore pour entraver l'allongement de la racine qui devient alors buissonnante (fig. 10).

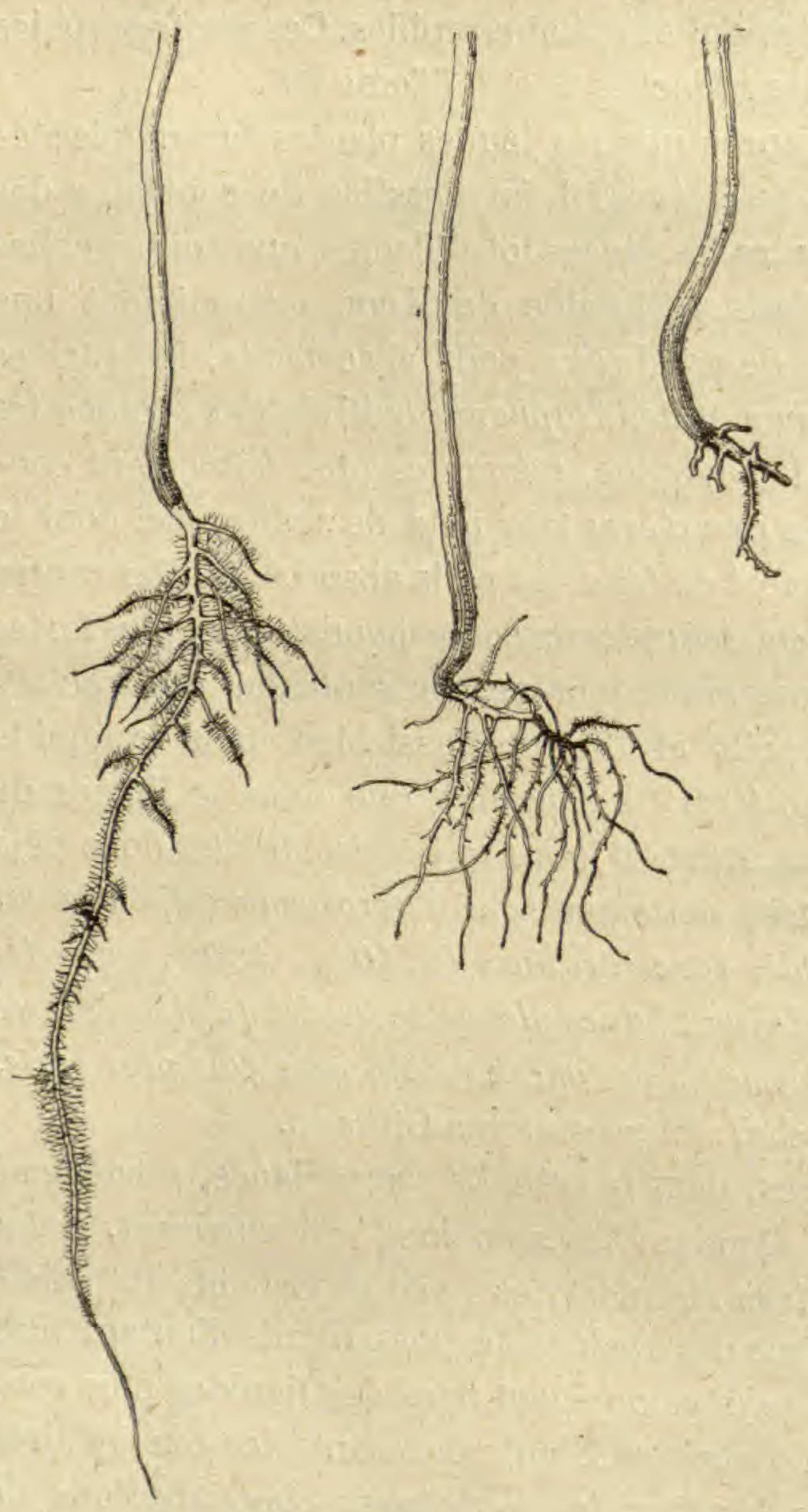


Fig. 10. — Racines de *Polygonum* développées : la première à gauche, en liquide de Knop, la deuxième en liquide de Knop additionné de 0,10 p. 1000 d'agrostemmasaponine, la troisième en liquide de Knop additionné de 0,50 p. 1000 de ce même glucoside.

Quant à l'*Agrostemma Githago*, il a continué à se développer aussi bien en présence d'agrostemmasaponine que dans le liquide de Knop dépourvu de glucoside. Les racines sont un peu plus petites dans les milieux les plus concentrés (Planche 2, Tome 29 ; Planches 15 et 16, Tome 30), mais c'est là un caractère général pour toutes les plantes cultivées dans des liquides de concentrations différentes : les racines sont d'autant plus courtes que les concentrations sont plus fortes, en dehors de toute action nocive exercée par les substances dissoutes. Les poils absorbants sont encore très bien développés et très abondants sur les individus cultivés en présence de 1 pour 1000 de saponine (Planches 15 et 16).

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

P. C. Van der Wolk. — **Physiological researches concerning the latex problem.** *(Publications sur la Physiologie végétale.* II. *Buitenzorg, Java).*

Deux questions ont attiré l'attention de l'auteur :

1° Où et comment se forme le latex ?

2° Le latex est-il une réserve, une nourriture pour la plante ?

De nombreuses expériences ont été faites sur le *Ficus elastica*.

Si on isole une partie de tige ou de racine (environ deux décimètres) par deux entailles circulaires, on voit s'écouler un latex abondant et si on fait une incision dans la partie isolée, rien ne se produit ; mais cette incision répétée le jour suivant détermine un écoulement de latex : celui-ci s'est donc à nouveau formé.

On pourrait peut-être attribuer le renouvellement de la pression du latex au rétablissement de la tension des tissus. Il n'en est rien. Si on coupe quelques branches ou racines de deux à trois décimètres de long et si on les met de côté en les protégeant contre la dessiccation (la pression du latex a disparu) et si le jour suivant on fait dans ces morceaux une légère incision, il s'écoule un flot abondant de latex ; puis si on coupe ces mêmes branches en deux, le latex va à nouveau couler et sa pression disparaître; dans deux cas elle était rétablie le lendemain.

Par une semblable expérience, faite en enveloppant les branches de papier noir, Van der Wolk montre que la chlorophylle ne joue aucun rôle dans la formation du latex.

Il étudie ensuite incidemment la teneur en eau de ce dernier qui serai liée à sa partielle coagulation dans les laticifères.

Mais les laticifères de l'écorce pourraient être en relation avec ceux de la moelle. L'auteur coupe une jeune branche, enlève les feuilles, détruit la moelle et isole des anneaux de quelques centimètres par des entailles circulaires. Le latex s'écoule, mais après un ou deux jours il est reformé dans les régions isolées.

De toutes ces expériences Van der Wolk conclut que le latex est un produit de sécrétion.

Le latex est-il une réserve ?

On fait une très large incision circulaire sur une grosse branche ; après quelques semaines, de nombreuses racines adventives se sont formées à la partie supérieure de la blessure ; on fait alors au-dessus une deuxième incision circulaire pénétrant jusqu'au bois : après une semaine toutes les racines sont mortes et cependant le latex s'est reformé et sans altération dans l'anneau situé entre les deux incisions.

On peut objecter que la mort des racines est due à la blessure, mais si on refait la même expérience en laissant intact le liber lors de la deuxième incision, on constate que les racines continuent à vivre.

Van der Wolk termine par deux expériences sur des jeunes branches ne portant que des bourgeons.

Dans la première il fait à la partie inférieure des jeunes branches une incision circulaire allant jusqu'au bois : les bourgeons meurent et pourtant le latex continue à se former sans altération.

Dans la deuxième expérience, il fait sur les deux côtés opposés une incision longitudinale jusqu'au bois, puis deux entailles semicirculaires, celle de la moitié droite pénétrant jusqu'à la couche sclérenchymateuse qui sépare le liber de l'écorce, celle de la moitié gauche pénétrant jusqu'au bois. Les bourgeons de la partie gauche meurent, ceux de la partie droite continuent à vivre et pourtant le latex est identique dans les deux moitiés ; il n'est donc pas employé comme nourriture.

En résumé le latex n'est pas une réserve, c'est un produit de sécrétion qui se forme continuellement dans la vie normale de l'arbre.

Pour Van der Wolk le latex serait employé à la formation des parois cellulaires.

Robert Douin.

Shin-ichi Hibino. — **Effekt der Ringelung auf die Stoffwanderung bei *Cornus controversa Hemtl.*** *(Journal of the College of Science. Imperial University of Tokyo.* Vol. XXXIX, Mars 1917).

Shin-ichi Hibino étudie les conséquences des décortications annulaires. Il examine en particulier les modifications présentées par les feuilles : la formation anormale d'anthocyane, l'apparition de bourgeons adventifs et de tissu cicatriciel au voisinage de la décortication et enfin le régime de circulation des produits de l'assimilation, l'accumulation de réserves et de diastases dans les feuilles situées au-dessus de la décortication.

S'adressant en particulier au *Cornus controversa,* il pratique diverses décortications :

1) la décortication normale enlevant l'écorce et l'assise génératrice libéro-ligneuse.

2) une décortication plus profonde intéressant en outre les assises les plus externes du bois.

3) des décortications normales demi-circulaires.

4) des décortications demi-circulaires intéressant les couches externes du bois.

5) Enfin pour certains sujets il se contente d'opérer à l'intérieur d'une zone large d'environ un mètre une trentaine de perforations pénétrant jusque dans l'aubier.

Il constate que :

La circulation des liquides, légèrement gênée par une décortication normale, est très compromise quand la décortication intéresse le bois ; les décortications demi-circulaires et les perforations sont sans influence.

Les décortications déterminent toujours chez toutes les feuilles de l'arbre une formation anormale d'anthocyane.

Les feuilles situées au-dessus de la décortication (et en particulier pour une décortication intéressant le bois) se décolorent peu à peu. Il y a formation précoce de la couche séparatrice, circulation défectueuse des produits de l'assimilation et ces feuilles tombent plus tôt que les autres.

Les sujets décortiqués ont, au printemps de l'année qui suit l'opération, des feuilles plus tardives, plus petites, plus jaunâtres que les sujets normaux. Les fleurs sont au contraire plus précoces et plus abondantes ; les fruits sont aussi plus nombreux.

La décortication (surtout lorsqu'elle intéresse le bois) entraîne la formation de bourgeons adventifs surgissant juste au-dessous de la décortication.

Sur les deux lèvres de la plaie il se développe du tissu cicatriciel (et en particulier quand l'écorce seule est enlevée) ; dans les décortications annulaires ce tissu est plus abondant à la lèvre inférieure de la plaie ; dans les demi-décortications il se développe surtout sur les plaies latérales.

Quand il y a formation de bourgeons adventifs sous la décortication, le bourrelet cicatriciel est au contraire plus épais à la lèvre supérieure où s'accumulent des substances.

La teneur en eau, égale au début pour toutes les feuilles, diminue ensuite progressivement et d'autant plus rapidement que les feuilles sont situées plus haut ; pour la décortication du bois en particulier les feuilles supérieures se dessèchent rapidement.

Il y a accumulation de réserves dans les rameaux situés au-dessus de la décortication. Alors que dans les décortications intéressant l'écorce on trouve surtout de l'amidon, des sucres réducteurs, de l'extrait éthéré, des cendres, la décortication du bois entraîne une accumulation de sucres non réducteurs, de protéines, de tannin et de matière fibreuse.

La teneur en amidon, en diastases (et en particulier en oxydases) est plus grande pour les feuilles situées au-dessus de la décortication (surtout quand celle-ci n'intéresse que l'écorce), et la richesse en diastases est plus grande pour les feuilles à anthocyane qui sont aussi plus riches en sucres réducteurs.

Ces modifications chimiques ne s'observent que lors des décortications complètes, les demi-décortications étant sans effet à ce point de vue.

L'auteur observe aussi que le *Cryptomeria japonica* et le *Prunus mutabilis* décortiqués (surtout si la décortication n'intéresse que l'écorce) ne sont attaqués par les insectes que dans les parties situées au-dessus de la décortication, toute la partie située au-dessous restant intacte.

Madeleine MATTEI

POLLACCI, Gino. — **Sul carbonio delle piante verdi** *(Sur le carbone des plantes vertes)* (Atti del Istituto Botanico dell. R. Univers. d. Pavia. 1917, p. 30 à 51).

Ce mémoire porte uniquement sur la question de l'utilisation de l'acide carbonique absorbé par les racines. L'auteur commence par un exposé historique et critique très détaillé des divers travaux faits sur la question depuis de Saussure, puis il donne les résultats de ses plus récentes expériences personnelles. Il indique la technique très rigoureuse avec laquelle il a opéré. Il aboutit aux conclusions suivantes :

Les plantes vertes cultivées dans un terrain riche en substances humiques peuvent se développer pendant des mois et former de l'amidon dans leurs feuilles même si leurs parties aériennes sont maintenues dans une atmosphère entièrement dépourvue de gaz carbonique.

Des graines qui, après avoir été pesées, ont été mises à germer dans l'eau pure ont donné des plantules qui ont été cultivées les racines plongeant dans de l'eau chargée d'acide carbonique, les parties aériennes maintenues dans de l'air complètement dépourvu de gaz carbonique. Au bout de quelque temps, ces plantules ont présenté une augmentation de poids qui ne peut être due qu'à l'acide carbonique.

L'auteur a constaté la formation d'amidon dans les feuilles de plantes de diverses espèces cultivées avec les racines plongeant dans une solution nutritive contenant de l'acide carbonique et les parties aériennes maintenues dans un air débarrassé de gaz carbonique.

Dans toutes les expériences de Pollacci, les plantes vivant dans les conditions qui viennent d'être indiquées ont gagné du poids, mais l'acide carbonique absorbé par les racines s'est toujours montré insuffisant pour assurer une végétation normale. Il est possible que, dans certaines conditions naturelles, l'absorption de l'acide carbonique par les racines soit plus considérable que dans les dispositifs expérimentaux qui ont été réalisés.

Jean FRIEDEL

Nemours.— Imp. Henri BOULOY. *Le Gérant :* Henri BOULOY

RÔLE DE L'HÉTÉROCYSTE DES NOSTOCÉES

par M. Jean TURCHINI.

Le rôle de l'hétérocyste, peu important il est vrai, n'a guère retenu l'attention des savants qu'occupaient davantage l'étude cytologique du chromatophore des Cyanophycées et le problème du corps central.

Historique. — L'hétérocyste fut longtemps regardé à tort comme un organe de reproduction. Telle fut l'opinion de Dujardin. Kützing alla même jusqu'à donner à cet élément le nom significatif de spermatie. Carter supposait que l'hétérocyste jouait un rôle dans la fécondation des spores. Sachs le considérait comme donnant naissance aux hyphes d'un Lichen.

Borzi pense que l'hétérocyste du *Nostoc* sert à interrompre la croissance illimitée du filament et, de fait, la division d'un filament en hormogonies a lieu presque toujours au niveau des hétérocystes. De Bary, auparavant, avait d'ailleurs substitué au terme d'hétérocyste d'Allman et de Thuret celui plus juste de cellule limite.

D'autres auteurs voient dans les hétérocystes des amas de substances de réserve. Hegler les compare à des magasins de matières nutritives et Hieronymus est d'avis qu'ils se chargent de cyanophycine.

Pour Macallum, par contre, l'hétérocyste n'est rien autre qu'une cellule végétative dégénérée et Palla reconnait que l'hétérocyste se vacuolise rapidement et perd les caractères cellulaires qu'il avait au début.

Enfin Brand, tout en admettant que l'hétérocyste est surtout un organe rempli de matières de réserve, revient à la première hypothèse. Il rappelle que Bornet et Flahault avaient observé la division de la membrane de l'hétérocyste du *Nostoc microscopicum* et décrit chez des Cyanophycées du genre *Tolypothrix* des filaments qui semblaient provenir de la germination d'hétérocystes. Il signale également des spores de *Nostoc* qui apparaîtraient dans les cellules limites.

Quant aux classiques (Bonnier, Engler, Van Tieghem) ils reconnaissent que le rôle de l'hétérocyste est presque complètement ignoré. C'est ce qui nous a engagé à entreprendre l'étude de cet élément.

Technique. — En dehors des observations directes et des réactions microchimiques que nous signalerons au cours de cette étude, nous avons fait des colorations vitales au bleu de méthylène (1) et au rouge neutre de Cassella (2) en solution aqueuse très étendue. Cette méthode ne nous a pas donné tous les résultats qu'on pouvait en attendre, la gaîne mucilagineuse des Cyanophycées faisant obstacle à la pénétration du colorant.

Nous avons surtout utilisé des coupes à la paraffine. Comme fixateur nous avons employé les liquides de Perenyi (3), de Lenhossèk (4), la solution forte de Flemming (5) et le picroformol acétique de Bouin (6) ; comme colorants, l'hématoxyline ferrique (coloration

---

(1) Bleu de méthylène en solution aqueuse de 1 p. 10.000 à 1 p. 500.000.

(2) Rouge neutre de Cassella (neutralroth) 1 p. 1.000 à 1 p. 10.000.

(3) Liquide de Perenyi :

acide chromique à 0,5 °/o	3 parties
acide nitrique à 10 °/o	4
alcool	3

Fixer 4 heures. Laver à l'alcool.

(4) Liquide de Lenhossèk :

solution aqueuse saturée de bichlorure de Hg	75 volumes
alcool absolu	20
acide acétique	3

Fixer 12 heures. Laver à l'alcool. Passer pendant quelques minutes à l'alcool iodé pour achever l'élimination du mercure.

(5) Solution forte de Flemming :

A	acide chromique à 1 °/o	11 gr.
	eau	4
	acide acétique	1

B Faire dissoudre 2 gr. d'acide osmique dans
100 gr. d'une solution d'acide chromique à 1 °/o.

Au moment de s'en servir on mélange 4 parties de A avec 1 partie de B. Fixer 24 heures. Laver à l'eau courante 12 heures. Passer à l'alcool 1 heure.

(6) Liquide de Bouin :

Préparer au moment de s'en servir le mélange suivant :

solution aqueuse saturée d'acide picrique	120 parties
formol	20
acide acétique	4

Fixer 10 heures. Laver soigneusement à l'alcool.

régressive de Heidenhain) (1), l'hémalun (2), le bleu de méthylène (3), le bleu polychrôme de Unna (4) (régression à la glycerinœthermischung). Nous avons également associé l'hématoxyline à l'éosine et au vert lumière (5) colorants de fonds.

Les meilleures préparations, en ce qui nous concerne, furent obtenues avec l'hématoxyline ferrique par la méthode d'Heidenhain, quel que soit d'ailleurs le fixateur employé.

Examen des espèces. Etude critique. — Du court résumé historique que nous avons esquissé, il résulte que trois opinions partagent les auteurs : l'hétérocyste est un organe de reproduction ; l'hétérocyste est un réservoir de matières nutritives ; l'hétérocyste sert à la division du filament en hormogonies.

Pour examiner ces différentes opinions, nous nous sommes adressés à diverses espèces de *Nostoc*, principalement au *Nostoc commune*, au *N. verrucosum* et au *N. punctiforme* ainsi qu'à une espèce du genre *Anabæna*.

L'hétérocyste organe de reproduction. — Cette opinion implique la

---

(1) Coloration par la méthode d'Heidenhain :
Mordançage par une solution d'alun ferrique à 5 °/o pendant 12 heures
Lavage à l'eau quelques secondes
Coloration dans une solution aqueuse d'hématoxyline à 10 °/o
Décoloration par une solution d'alun ferrique à 5 °/o en surveillant au microscope. Montage au baume.

(2) Coloration par l'hémalun.
Colorer pendant 20 minutes dans la solution d'hémalun :

hématéine	1 gr.
alcool 90°	50 cm³
alun	50 gr.
eau	1 litre

Lavage à l'eau 15 minutes. Montage au baume.

(3) Coloration au bleu de méthylène.
Colorer dans une solution aqueuse de bleu de méthylène à 1 °/o pendant 20 minutes.
Lavage à l'eau quelques minutes. Montage au baume.

(4) Coloration au bleu de Unna.
Colorer pendant 5 minutes avec la solution de Grübler. Laver à l'eau.
Régresser à la glycerinœthermischung en surveillant au microscope.
Laver à l'eau pour arrêter la régression. Montage au baume.

(5) Double coloration.
Après coloration par la méthode d'Heidenhain colorer pendant 5 minutes avec :

éosine	solution aqueuse à 0,5 °/o
ou lichtgrün	solution aqueuse à 1 °/o

Montage au baume.

présence de cytoplasma à l'intérieur de l'hétérocyste. La plupart des auteurs reconnaissent cependant que l'intérieur de l'hétérocyste est constitué par une énorme vacuole renfermant un liquide hyalin. Thuret puis Braun sont catégoriques sur ce point. Ils définissent le contenu de l'hétérocyste comme pâle et homogène. Bornet et Flahault le qualifient de pauvre en matières solides.

Par contre Pringsheim vit l'hétérocyste s'emplir d'un contenu granuleux et verdir. Gomont, en traitant les préparations par l'acide chromique à 33 °/₀, montre que le contenu des hétérocystes se condense en un corps plus fortement réfringent et que ce corps est à peu près de la même dimension que dans les cellules végétatives. Palla attribue à l'hétérocyste pendant une partie de son existence un corps central et des granules de cyanophycine et Brand observe dans les cellules limites du *N. commune* tous les états du regorgement conidien.

Nous devons reconnaître que, dans les quatre espèces de *Nostoc* examinées, de nombreux hétérocystes avaient un contenu granuleux assez semblable à l'examen direct à celui des cellules végétatives. Ce contenu est souvent sur les coupes plus fortement colorable par l'hématoxyline que celui des cellules normales. On arrive même à y distinguer parfois quelques filaments fortement teints par l'hématoxyline et les colorants basiques.

Pour mettre en évidence ce contenu granuleux, nous avons également employé la plasmolyse. Il n'est pas impossible, ainsi qu'on l'a prétendu, de séparer par ce moyen le cytoplasma de la membrane d'enveloppe. Avec une solution de nitrate de potasse assez concentrée (1) nous avons pu plasmolyser aussi bien certains hétérocystes que les autres cellules.

Ces hétérocystes à contenu figuré correspondent sans doute aux formes jeunes n'ayant pas encore subi la vacuolisation du protoplasma et la dégénérescence complète du corps central. Leur contenu n'a rien de surprenant puisque l'hétérocyste naît aux dépens des cellules végétatives.

Mais si la présence d'un cytoplasma granuleux dans l'hétérocyste en formation est certaine, nous n'avons cependant jamais vu, quelle que fut la saison où nous avons examiné nos Nostocs, de division ou de germination de l'hétérocyste. Nous n'avons pas davantage observé de phénomènes de fécondation des cellules végétatives contiguës à l'hétérocyste bien que souvent, d'après Borzi, les spores d'une espèce d'*Anabæna* naissent au voisinage de l'hétérocyste. En général, d'ailleurs, les spores des *Nostoc* se développent au centre d'un fragment limité par deux hétérocystes et, par conséquent, fort loin de ces derniers.

---

(1) Solution à 10 °/₀.

Nous pensons donc, d'accord avec les classiques, que l'hétérocyste n'est pas un organe de reproduction.

L'hétérocyste magasin de substances de réserve. — Nous avons vu que Hegler considérait l'hétérocyste comme un magasin de substances de réserve et que Hiéronymus lui attribuait pour fonction d'entasser la cyanophycine.

L'hétérocyste complètement développé ne paraît cependant contenir ni grains de cyanophycine, ni matières nutritives.

Les grains de cyanophycine, cyanophycinkörper de Hiéronymus, ainsi que les autres grains de sécrétion, corpuscules métachromatiques et corps nucléoliformes de Meyer correspondent en effet aux granulations réfringentes du protoplasma des Cyanophycées ; or, le protoplasma granuleux a disparu de l'hétérocyste adulte. D'ailleurs les procédés de technique indiqués par Guilliermond (1) pour mettre en évidence ces diverses granulations ne nous ont pas montré leur présence dans les hétérocystes définitivement formés. Nous n'avons pu observer aucune coloration métachromatique ou non de granulations avec le bleu de Unna ou l'hématoxyline au fer et nous n'avons pas mis en évidence avec l'hémalun de grains de cyanophycine caractérisés par la teinte bleue qu'ils prennent dans ces conditions.

Nous n'avons pas davantage constaté la présence de grains d'amidon identifiables par leur coloration bleue avec l'iode (2). Ce résultat d'ailleurs pouvait être prévu, l'amidon faisant même défaut dans les cellules végétatives du Nostoc.

---

(1) GUILLIERMOND. Contribution à l'étude cytologique des Cyanophycées.

(2) Examiner la préparation dans une goutte d'eau iodo-iodurée

iode	1 gr.
iodure de K	4 gr.
eau	300 gr.

Les grains d'amidon sont colorés en bleu ou bleu violet.

L'hétérocyste ne renferme pas non plus d'autres substances d réserve.

Entre nicols croisés nous n'avons pas observé la croix noire caractéristique des sphéro-cristaux d'inuline.

La réaction de Molisch (1) employée dans la recherche des sucres fut négative.

Kohl avait signalé la présence d'huile dans la couche corticale des cellules de Cyanophycées. La recherche des corps gras dans l'hétérocyste adulte par l'acide osmique ne donna aucun résultat (2).

L'hétérocyste, par contre, traité par une solution d'iodo-iodure de potassium (3), prend, il est vrai, dans certains cas, une légère teinte brun accajou insuffisante toutefois pour affirmer la présence de glycogène.

En somme, l'hétérocyste ne paraît pas être un magasin de substances de réserve.

L'hétérocyste organe de rupture. — Il convient dans cette dernière hypothèse d'examiner les rapports de la cellule limite avec les cellules végétatives, d'étudier les moyens d'union qui existent entre ces deux sortes d'éléments.

D'après les classiques, l'hétérocyste a une paroi épaisse, fortement réfringente, qui se colore ordinairement en violet par le chloroiodure de zinc, l'acide phosphorique ou sulfurique iodé. A son point d'attache avec les cellules contiguës la paroi présente souvent un épaississement interne, un bouton, qui augmente de volume avec l'âge et finit quelquefois par former une assez forte saillie. Ce bouton est net dans le genre *Anabæna* et nous l'avons très bien coloré avec l'hémalun.

---

(1) Examiner la préparation dans une goutte de dissolution alcoolique à 20 °/o de thymol à laquelle on ajoute 2 gouttes d'acide sulfurique concentré. Au bout de 2 minutes environ, les sucres déterminent l'apparition d'une coloration rouge carmin.

Tardivement la coloration n'a plus de valeur, des sucres pouvant être formés aux dépens de la cellulose par action de l'acide.

(2) Fixer au liquide de Flemming 24 heures.
Laver à l'eau courante 12 heures.
Passer à l'alcool 1 heure.
Colorer par une solution d'éosine.

La graisse est colorée en brun foncé par l'acide osmique du fixateur et le protoplasma en rouge par l'éosine.

(3) Examiner la préparation dans une goutte d'iodo-iodure de potassium. Le glycogène a une coloration brun acajou.

Cependant, à un examen plus approfondi, on a décrit des liaisons plasmiques entre l'hétérocyste et les cellules végétatives à l'aide d'un pore étroit et allongé en forme d'isthme. Nadson et Palla ont représenté ce pore avec des dimensions même exagérées. Brand le mit en évidence en augmentant sa taille. Il utilisait la contraction de la membrane de l'hétérocyste traité par une solution de bleu de méthylène.

Palla attribue l'oblitération de ces pores à des granules de cyanophycine qui formeraient les épaississements internes.

Que ces boutons soient dûs comme le pensent Palla et Borzi à des granules de cyanophycine, ou à des cristalloïdes d'albumine suivant Hegler, ou à de la cellulose d'après Bornet et Flahault, peu importe ; ce qui importe, à notre point de vue, c'est la présence de cet isthme, véritable pédicule qui unit l'hétérocyste aux cellules voisines.

On admet, il est vrai, des liaisons plasmiques analogues entre les cellules végétatives. On les a décrites sous le nom de pores de Nægeli. Mais dans ce cas, l'isthme est beaucoup moins long.

Nous avons très bien mis en évidence l'existence de ces moyens d'union sur des coupes à la paraffine de *Nostoc commune* colorées à l'hématoxyline. Nous les avons retrouvés avec divers colorants dans les trois autres espèces de *Nostoc* examinées.

Mais tandis que les isthmes unissant les hétérocystes aux cellules contiguës sont longs et grêles, ceux qui relient les cellules végétatives entre elles sont au contraire, quoique aussi nets, beaucoup plus courts et par conséquent moins fragiles. Les préparations obtenues ne laissent aucun doute à cet égard.

Dès lors on comprend bien la fréquence des ruptures du filament au niveau de l'isthme qui unit l'hétérocyste aux cellules végétatives. La reproduction des Nostocs par hormogonies découverte par Thuret se fait sans doute grâce à la fragilité du filament à ce niveau.

Il est possible que la gaine mucilagineuse, par ses rapports avec l'hétérocyste, joue aussi un rôle dans la division du filament.

Certains auteurs représentent les hétérocystes terminaux comme adhérents à la gaine. Dans ce cas, lorsque l'accroissement trop considérable du filament ne lui permettrait plus de se pelotonner sur lui-même, la rupture s'en suivrait au niveau des hétérocystes.

D'après Hansgirg, l'hétérocyste ne produit pas de gélatine. Il est entouré plus tard de masses gélatineuses secrétées par les cellules végétatives. Cette discontinuité relative de la gélatine à la hauteur de l'hétérocyste rendrait le filament moins résistant en ce point.

Enfin, au dire des classiques, les hormogonies du *Nostoc* sont libérées en une seule fois par dissolution complète de la gaîne.

Dans certaines de nos préparations, les plus épaisses, les gaînes mucilagineuses furent colorées. Nous n'avons pu étudier leur rapport avec les filaments. L'hétérocyste toutefois ne paraît pas être plus particulièrement adhérent au mucilage.

Il serait superflu de nous étendre plus longuement sur des considérations relatives à la gaîne. La fragilité des moyens d'union de l'hétérocyste avec les cellules végétatives nous paraît suffisamment expliquer le fait certain que la rupture du filament de *Nostoc* a presque toujours lieu au niveau de l'hétérocyste.

L'hétérocyste a donc sa raison d'être. C'est lui qui, grâce à la particularité que nous avons décrite, préside à la fragmentation du filament et contribue ainsi, à côté des cellules enkystées découvertes par Baranetzky et Janczewski, à la dissémination de l'espèce.

Conclusion. — Il résulte donc de nos observations que l'hétérocyste du *Nostoc* est en rapport avec les cellules végétatives par une sorte d'isthme plus long et plus grêle que celui qui unit les cellules végétatives entre elles.

L'extrême fragilité de cet isthme peut expliquer la fréquence de la division du filament en hormogonies au niveau des hétérocystes.

Quant au rôle de magasin de substances de réserve attribué à l'hétérocyste et à la possibilité d'une germination ou d'un pouvoir fécondant, il semble bien qu'on doive définitivement les abandonner, l'hétérocyste, une fois constitué, étant une cellule morte à protoplasma vacuolaire.

En terminant, qu'il nous soit permis d'exprimer toute notre reconnaissance à M. le Professeur Guilliermond, à qui notre maître, M. le Professeur Bonnier, a eu l'obligeance de nous adresser. M. Guillermond a bien voulu, avec son inépuisable amabilité, nous guider dans ce travail, nous aider de ses conseils et nous communiquer les préparations qu'il fit lors de sa remarquable étude cytologique des Cyanophycées (1).

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

Bary (A. de). — Beitrag zur Kenntniss der Nostocaceen, insbesondere der Rivularieen. *(Flora,* 46, 1863 mit Taf. VII).

Bornet et **Flahault**. — Révision des Nostocacées hétérocystées, etc. *(Annales des Sciences naturelles,* Série VII, Botanique, T. III, 1886, T. IV, 1886, T. V, 1887, T. VII, 1888).

Bornet et **Thuret**. — Notes algologiques. (Masson 1876, 1880).

Borzi (A). — Note alla morfologia e biologia delle alghe ficocromacee. *(Nuovo giornale botanico italiano,* X, 1878, XI, 1879, XIV, 1882).
— Probabili accenni di conjugazione presso alcune Nostochinee. *(Nuovo giornale botanico italiano,* Nuova serie, V. II, 1895).

Brand (F). — Morphologisch. physiologische Betrachtungen über Cyanophyceen. *(Beihefte zum Bot. Centralblatt,* B. XV, 1903 mit Taf. I).

Braun (Al.) — Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. (Leipzig, 1851).

Carter. — *Ann. and magaz. nat. hist.,* II Ser., Vol. XVIII.

Dujardin (F). — Thèse sur le *Nostoc,* 1838.

Gomont (M). — Recherches sur les enveloppes cellulaires des Nostocacées filamenteuses. *(Bulletin de la société bot. de France,* T. XXXV, 1888).

Guilliermond (A). — Contribution à l'étude cytologique des Cyanophycées. *(Revue générale de Botanique,* T. XVIII, 1906).

Hansgirg (A). — Prodromus der Algenflora v. Böhmen (T. II, Prag, 1892).

Hegler (R). — Untersuchungen über die Organisation der Phycochromaceenzelle. *(Pringsh. Jahrb. für wiss. Bot.,* B. XXXVI, 1901).

Hieronymus (G). — Beiträge zur Morphologie und Biologie der Algen. *(Cohns Biol. Beitr.,* Pfl. V, 1892).

---

(1) Nous tenons également à remercier M. Decrock, de Marseille, MM. Gérard et Chifflot, de Lyon, qui ont bien voulu nous ouvrir les portes de leur laboratoire avant d'avoir à notre disposition le laboratoire d'histologie du Professeur Jourdan, à l'Ecole de Médecine de Marseille.

Janczewski (Ed). — Observations sur la reproduction de quelques Nostocacées. *(Annales des Sciences naturelles,* Série V, Botanique, T. XIX, 1874).

Kohl. — Uber die Organisation u. Physiologie der Cyanophyceenzelle (Gustav Fischer, Iena, 1903).

Kützing. — Tabulæ phycologicæ.

Macallum (A. B.) — On the cytology of non nucleated Organisms. *(Transact. Canad. Institut.,* Vol. VI, Toronto, 1899).

Nadson (G). — Uber den Bau des Cyanophyceen-Protoplasts. *(Scripta botanica horti univ. imp. Petropolit,* T. IV, 1895).

Palla (E). — Beitrag zur Kenntniss des Baues des Cyanophyceen-Protoplasts. *(Jahrbücher für Wissensch. Bot.,* XXV, 1893).

Pringsheim (N). — Uber die Befrüchtung und Keimung der Algen. *(Monatsber. der K. Akad. d. Wissensch. z. Berlin,* 1855).

Sachs (J). — Zur Entwicklungsgesch. v. *Collema bulbosum. (Bot. Zeitung,* XIII, 1855).

Thuret (G). — Note sur le mode de reproduction du *Nostoc verrucosum. (Annales des Sciences naturelles,* Série III, Botanique, T. II, 1844).

EXPLICATION DE LA PLANCHE 19

La reproduction des coupes à la paraffine a été faite à la chambre claire à l'aide d'un objectif Nachet 1/12 à immersion homogène et d'un oculaire n° 3.

Fig. 1. — *Nostoc commune.* (Lenhossèk. Hématoxyline ferrique). Hétérocyste fortement coloré montrant l'isthme long et grêle qui l'unit aux cellules végétatives.

Fig. 2 et 3. — Une espèce d'*Anabæna* (Lenhossèk. Hémalun). Hétérocyste avec ses épaississements internes et ses isthmes d'union. Tandis que les cellules végétatives laissent voir des granulations, le contenu de l'hétérocyste est homogène.

Fig. 4. — *Nostoc commune.* (Lenhossèk. Hématoxyline ferrique). Cellules végétatives unies entre elles par des isthmes plus courts et moins fragiles que ceux qui relient l'hétérocyste aux autres cellules.

Fig. 5. — *Nostoc commune.* (Bouin. Hématoxyline ferrique, éosine). Hétérocyste jeune contenant encore quelques filaments chromidiaux fortement colorés.

Fig. 6. — *Nostoc commune.* (Lenhossèk. Hématoxyline ferrique). Hétérocyste et ses moyens d'union avec les cellules végétatives. On voit dans les cellules végétatives le réticulum chromatique qui fait défaut dans l'hétérocyste.

Fig. 7. — *Nostoc commune.* (Flemming. Hémalun). Hétérocyste et son isthme d'union. Le contenu de l'hétérocyste est homogène tandis que celui des cellules végétatives est granuleux.

Fig. 8. — *Nostoc commune.* (Perenyi. Bleu polychrôme de Unna). Hétérocyste et son isthme d'union. Hétérocyste à contenu homogène. Cellules végétatives avec granulations.

Fig. 9. — *Nostoc commune.* (Lenhossèk. Hématoxyline ferrique). Un hétérocyste isolé.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES

SUR LE

RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Chez les plantes développées *en présence* de 2 p. 1000 et de 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine, la *racine croît plus lentement*, les poils absorbants sont courts, l'appareil aérien est normalement constitué. Les poils absorbants courts qui recouvraient la plus grande partie de la *racine* des *Agrostemma* cultivés en présence de 2 p. 1000 et de 10 p. 1000 d'*agrostemmasaponine* n'ont pas été reproduits dans la gravure des dessins groupés dans *les planches* 15 et 16. Pour donner une idée plus exacte de l'action des milieux nutritifs contenant une proportion élevée d'agrostemmasaponine sur les racines de la plante qui produit ce glucoside, j'ai fait dessiner deux pieds moyens d'*Agrostemma Githago* provenant d'une autre série de cultures (sixième série de cultures, voir *plus loin*) et développés l'un dans le liquide de Knop dépourvu d'agrostemmasaponine, l'autre dans le liquide de Knop additionné de 10 p. 1000 de ce glucoside. Ces dessins, *reproduits* par la fig. 11, ont été faits au moment où les plantes avaient le même âge que celles figurées dans les planches 15 et 16. Les individus reproduits *sur ces planches* proviennent de cultures faites d'après la deuxième technique (*organes aériens* développés en atmosphère stérile se renouvelant très lentement à travers un bouchon de coton), ceux qui sont représentés par la figure 11 proviennent de cultures faites d'après la première technique (organes aériens développés à l'air libre), aussi le développement des racines est-il plus grand chez ces derniers. On retrouve dans les plantes représentées dans la figure 11 un ralentissement du développement de la racine dans la solution très concentrée en glucoside, mais on constate de plus que la teneur élevée en agrostemmasaponine n'a exercé aucune action nocive et que les poils absorbants sont abondamment développés.

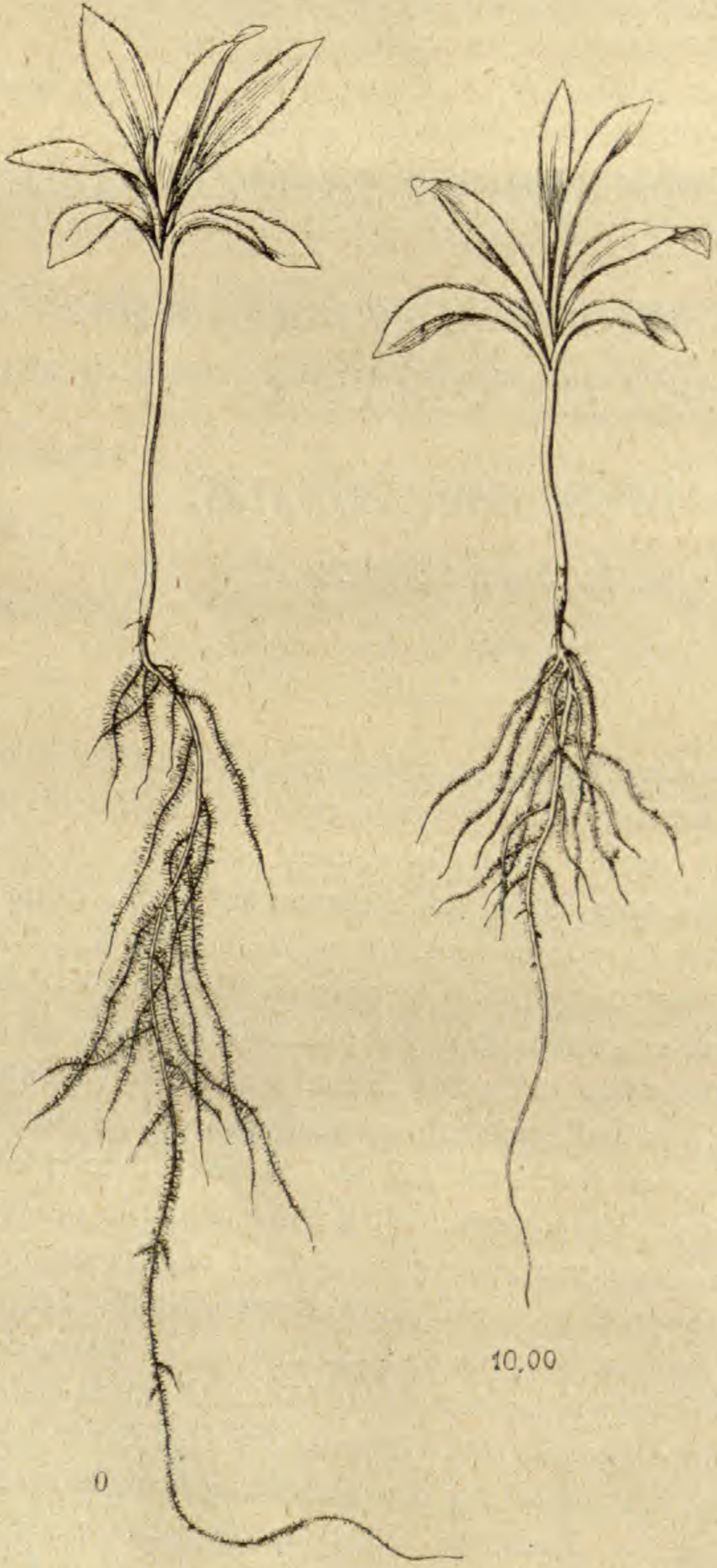


Fig. 11. — A gauche, *Agrostemma* cultivé en l'absence d'agrostemmasaponine. A droite, *Agrostemma* cultivé en présence de liquide de Knop additionné de 10 p.1000 de cette saponine.

Au moment de la récolte, le 5 août, c'est-à-dire après 2 mois de développement dans les divers milieux, la partie aérienne et la racine de chaque plante ont été desséchées séparément à 105°.

TABLEAU II

INFLUENCE COMPARÉE DE L'AGROSTEMMASAPONINE SUR LA PRODUCTION DE SUBSTANCE SÈCHE CHEZ LE POIS, LE RADIS, LE SARRASIN ET LA NIELLE (1).

	LIQUIDE DE KNOP	LIQ. DE KNOP CONTENANT 0,10 p. 1000 DE SAP.	LIQ. DE KNOP CONTENANT 0,25 p. 1000 DE SAP.	LIQ. DE KNOP CONTENANT 0,50 p. 1000 DE SAP.	LIQ. DE KNOP CONTENANT 1 p. 1000 DE SAP.	LIQ. DE KNOP CONTENANT 2 p. 1000 DE SAP.	LIQ. DE KNOP CONTENANT 10 p. 1000 DE SAP.
POIS :							
Tige, feuilles et cotylédons.	0, 074	0, 076	0, 075	0, 073	0, 079	»	»
Racine	0, 022	0, 015	0, 013	0, 012	0, 011	»	»
Plante entière.	0, 096	0, 091	0, 038	0, 085	0, 090	»	»
RADIS :							
Tige et feuilles	0, 0203	0, 0150	»	0, 0070	»	»	»
Racine	0, 0028	0, 0026	»	0, 0016	»	»	»
Plante entière	0, 0231	0, 0176	»	0, 0086	»	»	»
SARRASIN :							
Tige et feuilles	0, 0188	0, 0148	»	0, 0074	»	»	»
Racine	0, 0032	0, 0039	»	0, 0012	»	»	»
Plante entière	0, 0220	0, 0187	»	0, 0086	»	»	»
NIELLE :							
Tige et feuilles	0, 0129	0, 0130	0, 0112	0, 0121	0, 0142	0, 0155	0, 0175
Racine	0, 0025	0, 0030	0, 0025	0, 0026	0, 0030	0, 0038	0, 0047
Plante entière.	0, 0154	0, 0160	0, 0137	0, 0147	0, 0172	0, 0193	0, 0222

---

(1) Chaque chiffre représente le poids sec moyen calculé d'après le poids sec de cinq individus.

de façon à pouvoir comparer le poids de la substance sèche de ces parties chez les plantes cultivées dans les divers milieux ; les résultats obtenus sont réunis dans le tableau précédent :

On voit que les résultats concernant la détermination de la substance sèche des plantes appartenant aux diverses espèces cultivées dans le liquide de Knop et dans ce milieu additionné d'agrostemmasaponine confirment les résultats de l'examen morphologique de ces plantes fait au cours des cultures.

Chez le *Pisum*, les résultats relatifs à l'ensemble de la tige, des feuilles et des cotylédons ne doivent pas être pris en considération, le développement de ces organes chez les jeunes plantes étant peu influencé par une action nocive exercée sur les racines à cause des grandes quantités de réserves contenues dans les cotylédons. Par contre le poids sec de la racine, passant de 0, 022 à 0, 015, 0, 013, 0, 012 et 0, 011 dans les liquides de plus en plus riches en saponine, montre l'action toxique exercée par la saponine sur la racine.

Chez le *Raphanus*, cette action de la saponine se fait sentir non seulement sur le poids sec de la racine, mais aussi sur celui de la tige.

Il en est de même pour le *Polygonum*. Le poids sec moyen de la racine, un peu plus élevé dans le liquide de Knop contenant 0, 10 p. 1000 de saponine, doit probablement être attribué à des influences individuelles.

Par contre, le poids sec des tiges feuillées et des racines d'*Agrostemma* n'est pas moins élevé, au contraire, dans le liquide de Knop renfermant une proportion même très grande d'agrostemmasaponine que dans ce liquide dépourvu de saponine. En présence de 1, 2 et 10 p. 1000 de saponine, les tiges feuillées et les racines d'*Agrostemma* ont encore un poids sec non seulement égal, mais même supérieur à celui des mêmes organes chez les individus cultivés dans le liquide de Knop sans saponine. L'augmentation de poids constatée dans cette série de cultures chez les *Agrostemma* cultivés en milieux additionnés de saponine peut être due simplement à des influences individuelles, de nombreuses cultures sont nécessaires pour permettre de savoir si le glucoside exerce vraiment une action favorable sur le développement de cette plante. Quoiqu'il en soit on peut au moins affirmer qu'il n'exerce pas d'action nocive. Nous nous en tiendrons donc aux conclusions suivantes :

*L'agrostemmasaponine, extraite des graines de l'*Agrostemma Githago, *mise à la disposition des racines de l'*Agrostemma Githago *n'exerce aucune action nocive sur cette plante, même à des concentrations relativement élevées (10 p. 1000).*

Au contraire, cette saponine se montre nettement toxique pour les racines des plantes appartenant à des espèces différentes de celle qui produit ce glucoside. Même à de faibles concentrations (0, 10 p. 1000) l'agrostemmasaponine se montre nocive pour les racines de Pisum, *de* Raphanus *et de* Polygonum.

D. — Quatrième série de cultures. 1913.

Le but de mes recherches étant d'étudier le rôle joué par les glucosides dans l'organisme des végétaux qui les produisent, et les expériences qui viennent d'être rapportées mettant nettement en évidence que les différentes espèces végétales ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis d'un glucoside déterminé, l'espèce qui produit normalement le glucoside pouvant vivre dans un milieu renfermant une proportion élevée de ce corps sans en souffrir, tandis que les espèces qui ne produisent pas ce glucoside sont lésées par des solutions même très étendues du même composé glucosidique, il devenait nécessaire dans les expériences ultérieures de faire agir un glucoside donné uniquement sur l'espèce qui le produit dans les conditions normales.

La série de cultures entreprise en 1913 fut donc faite avec l'agrostemmasaponine que j'avais extraite des graines de l'*Agrostemma Githago*, et c'est sur cette dernière espèce végétale que l'action du glucoside fut étudiée.

Le but de cette série de cultures était de déterminer si l'*Agrostemma Githago* peut absorber par sa racine l'agrostemmasaponine mise à sa disposition dans un liquide nutritif. Il était donc nécessaire de faire développer cette plante en présence de l'agrostemmasaponine en dosant la proportion de saponine contenue dans le milieu nutritif avant et après la culture, la comparaison des deux résultats obtenus permettant de déterminer si la saponine a disparu au cours de l'expérience.

Les cultures ont été faites en suivant la deuxième technique (tubes étranglés de petit modèle). Les milieux de culture employés étaient : 1° le liquide de Knop additionné de 0,50 p. 1000 de cendres d'*Agrostemma Githago* ; 2° ce même milieu renfermant 0,50 p. 1000 d'agrostemmasaponine ; 3° le premier milieu renfermant 1 p. 1000 d'agrostemmasaponine.

Les liquides nutritifs, placés dans des ballons à tubulure latérale, ont été stérilisés par chauffage à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes. Ils ont ensuite été répartis aseptiquement dans les tubes à culture en mesurant très exactement la quantité de milieu introduite dans chaque tube. Cette quantité variait suivant les tubes entre 44 c.c. et 53 c.c.

Les graines ont été choisies de façon que le poids de chacune d'elles fût compris entre 0gr,012 et 0gr,014. Elles ont été stérilisées à l'aide de l'eau oxygénée.

Le dosage de la saponine, nécessaire pour déterminer la quantité de glucoside se trouvant dans chaque tube avant la culture, a été fait sur l'excès de liquide nutritif resté dans les ballons tubulés. Il a été préalablement déterminé, en adoptant la méthode de Bertrand, sur une solution contenant exactement 1 gr. d'agrostemmasaponine pure et ne réduisant par conséquent pas la liqueur de Fehling avant d'être hydrolysée, quel est le pouvoir réducteur que présente cette solution après hydrolyse réalisée par un chauffage à l'autoclave à 105° pendant une heure en présence de 3 °/o d'acide sulfurique suivie de neutralisation. Le pouvoir réducteur d'un gramme d'agrostemmasaponine pure étant ainsi connu, on a pu doser l'agrostemmasaponine dans les milieux de culture de la manière suivante :

Il a tout d'abord été constaté que chacun des liquides nutritifs ne présente aucun pouvoir réducteur. Ensuite 100 c.c. de chaque liquide ont été hydrolysés dans les conditions qui viennent d'être indiquées, puis le pouvoir réducteur en a été déterminé après neutralisation. Les résultats obtenus ont permis de calculer la quantité d'agrostemmasaponine existant dans 100 c.c. de chacun des milieux, et par conséquent de déterminer la quantité de glucoside contenue dans chaque tube à culture au début de l'expérience.

Les graines germées ont été semées dans les tubes le 12 juillet. Les plantes se sont développées jusqu'au 12 octobre, c'est-à-dire pendant 3 mois. Les tubes à culture étaient fermés au coton. Au moment de la récolte, on a déterminé séparément pour chaque plante le poids de la substance sèche des racines et des organes aériens ; enfin on a procédé au dosage de l'agrostemmasaponine contenue dans le liquide se trouvant à ce moment dans chaque tube en déterminant le pouvoir réducteur de ce liquide avant et après hydrolyse, comme cela a été indiqué ci-dessus pour l'étude des liquides nutritifs avant les cultures.

TABLEAU III

ÉTUDE DE L'ABSORPTION DE L'AGROSTEMMASAPONINE PAR L'*AGROSTEMMA GITHAGO*

COMPOSITION DU MILIEU DE CULTURE	N° des tubes à culture	Substance sèche de la tige et des feuilles	Substance sèche de la racine	Substance sèche de la plante entière	Saponine avant la culture	Saponine après la culture	Différence dans la quantité de la saponine
Liquide de Knop.	1	0, 0254	0, 0098	0, 0352			
	2	0, 0188	0, 0142	0, 0330			
Moyennes :		0, 0221	0, 0120	0, 0341			
Liquide de Knop additionné de 0, 50 pour 1000 de saponine.	3	Pas	de	plante	0, 021	0, 021	0,000
	4	Pas	de	plante	0, 020	0, 019	— 0,001
	5	0, 0302	0, 0166	0, 0468	0, 021	0, 015	— 0,006
	6	0, 0234	0, 0126	0, 0360	0, 021	0, 017	— 0,004
	7	0, 0224	0, 0126	0, 0350	0, 021	0, 020	— 0,001
	8	0, 0226	0, 0104	0, 0330	0, 020	0, 013	— 0,007
	9	0, 0188	0, 0088	0, 0276	0, 021	0, 018	— 0,003
	10	0, 0160	0, 0090	0, 0250	0, 020	0, 015	— 0,005
	11	0, 0180	0, 0048	0, 0228	0, 021	0, 018	— 0,003
	12	0, 0152	0, 0074	0, 0226	0, 019	0, 013	— 0,006
	13	0, 0136	0, 0064	0, 0200	0, 020	0, 014	— 0,006
Moyennes :		0, 0200	0, 0098	0, 0298			— 0,0045
Liquide de Knop additionné de 1 p. 1000 de saponine.	14	Pas	de	plante	0, 042	0, 042	0,000
	15	Pas	de	plante	0, 042	0, 042	0,000
	16	0, 0234	0, 0104	0, 0338	0, 046	0, 047	0,000
	17	0, 0226	0, 0086	0, 0312	0, 042	0, 039	— 0,003
	18	0, 0238	0, 0070	0, 0308	0, 039	0, 039	0,000
	19	0, 0186	0, 0112	0, 0298	0, 046	0, 044	— 0,002
	20	0, 0176	0, 0058	0, 0234	0, 039	0, 037	— 0,002
Moyennes :		0, 0212	0, 0086	0, 0298			— 0,0012

Il a été constaté que les liquides contenus dans les tubes à culture à la fin de l'expérience ne présentent aucun pouvoir réducteur. Les résultats relatifs au poids de la substance sèche formée pendant la durée des cultures, ainsi qu'à la quantité d'agrostemmasaponine contenue dans chaque tube au début et à la fin de l'expérience, sont réunis dans le tableau précédent. Dans chacun des deux lots de tubes à culture renfermant des liquides additionnés d'agrostemmasaponine, deux tubes servant de témoin n'ont pas été ensemencés, mais ont été soumis aux dosages comme les tubes ensemencés, de façon à reconnaître si le glucoside n'a pas été altéré au cours de l'expérience.

Les erreurs dues aux dosages eux-mêmes ne dépassent pas 2 mg. pour chaque tube. Si on ajoute à ces erreurs, celles qui peuvent résulter de lavages incomplets des plantes et des tubes à culture, de la filtration et de la dilution des liquides, etc., on arrive à évaluer les erreurs pour chaque tube à 5 mg. environ. Dans les résultats contenus dans ce tableau, les différences entre les quantités de glucoside existant dans les tubes au début des cultures et les quantités s'y trouvant encore à la fin des expériences, qui ne dépassent pas sensiblement 5 mg. doivent donc être négligées.

Il résulte de l'examen du tableau précédent que :

1° Les dosages effectués sur les liquides nutritifs renfermant de l'agrostemmasaponine au début des expériences et sur les mêmes liquides contenus dans les tubes non ensemencés à la fin des cultures ont donné des résultats identiques. L'agrostemmasaponine n'a donc pas été altérée dans les tubes au cours des cultures.

2° Les différences existant entre les quantités d'agrostemmasaponine contenues dans chaque tube à culture ensemencé au début et à la fin des expériences ne dépassent pas sensiblement les limites d'erreurs que présente la technique employée. Il semble donc que, dans les conditions où les cultures ont été faites, l'*Agrostemma Githago* n'a pas absorbé l'agrostemmasaponine mise à la disposition de ses racines.

3° Les moyennes des poids de substance sèche correspondant aux plantes cultivées en présence de liquides contenant 0, 50 p. 1000 de saponine et 1 p. 1000 de saponine sont à peu près semblables. Elles sont un peu plus faibles que celles correspondant aux plantes cultivées en présence de liquides dépourvus de saponine, mais ces dernières n'ayant été calculées que sur deux plantes (les autres individus s'étant développés d'une manière défectueuse), il n'y a pas lieu de tenir compte de ces différences.

E. — Cinquième série de cultures. 1913.

Une autre série de cultures fut faite pendant la même année dans le but de compléter les résultats déjà obtenus relatifs à l'action exercée par l'agrostemmasaponine sur la production de substance sèche chez l'*Agrostemma Githago*, l'étude d'une telle action étant susceptible de nous éclairer sur le rôle que joue chez cette plante la saponine qu'elle produit normalement.

Dans cette cinquième série de cultures, on a employé une agrostemmasaponine et des graines d'*Agrostemma Githago* semblables à celles utilisées dans la série de cultures précédente. Ces graines ont également été stérilisées par l'eau oxygénée. C'est la troisième technique qui a été employée ; les milieux de culture furent le liquide de Knop additionné de 0, 50 p. 1000 de cendres d'*Agrostemma*, et ce même liquide additionné de 0, 10, 0, 25, 0, 50 et 1 p. 1000 d'agrostemmasaponine. Le substratum employé a été la pierre ponce.

Dans cette série de cultures, il n'y avait pas lieu de doser la saponine dans les milieux.

Dans chaque lot, la moitié des tubes ont été bouchés au coton ; les plantes pouvaient donc assimiler l'anhydride carbonique de l'air, les autres ont été fermés par un bouchon de caoutchouc de façon à rendre impossible l'augmentation de poids par fixation du gaz carbonique de l'air. Les cultures ont duré pendant 50 jours pour les premières plantes, pendant 80 jours pour les secondes.

Au moment de la récolte on a déterminé séparément pour chaque plante le poids de la substance sèche de la racine et des organes aériens. Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau ci-dessous.

Il résulte de l'examen de ce tableau, et en particulier des moyennes qu'il renferme, que l'agrostemmasaponine mise à la disposition des racines d'*Agrostemma Githago* n'exerce pas d'action défavorable sur la production de la substance sèche chez cette plante ; le poids de la substance sèche des plantes cultivées, soit en atmosphère confinée, soit en tubes fermés au coton, en présence de 0, 10, 0, 25, 0, 50 et 1 p. 1000 de saponine est aussi élevé que chez

TABLEAU IV

ÉTUDE DE L'ACTION DE L'AGROSTEMMASAPONINE SUR LA PRODUCTION DE LA SUBSTANCE SÈCHE CHEZ L'*AGROSTEMMA GITHAGO*

LIQUIDE DE KNOP			LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,10 p. 1000 DE SAPONINE			LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,25 p. 1000 DE SAPONINE			LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 0,50 p. 1000 DE SAPONINE			LIQUIDE DE KNOP CONTENANT 1 p. 1000 DE SAPONINE		
TIGE FEUILLÉE	RACINE	PLANTE entière	TIGE FEUILLÉE	RACINE	PLANTE entière	TIGE FEUILLÉE	RACINE	PLANTE entière	TIGE FEUILLÉE	RACINE	PLANTE entière	TIGE FEUILLÉE	RACINE	PLANTE entière
TUBES FERMÉS AU COTON ; LES PLANTES ASSIMILENT DURÉE DE L'EXPÉRIENCE : 50 JOURS														
0,0356	0,0079	0,0435	0,0298	0,0074	0,0372	0,0333	0,0097	0,0430	0,0316	0,0054	0,0380	0,0304	0,0084	0,0388
0,0254	0,0068	0,0322	0,0294	0,0071	0,0365	0,0306	0,0084	0,0390	0,0298	0,0074	0,0372	0,0280	0,0082	0,0362
0,0252	0,0050	0,0302	0,0266	0,0064	0,0330	0,0270	0,0078	0,0348	0,0280	0,0074	0,0354	0,0264	0,0074	0,0338
0,0236	0,0046	0,0282	»	»	»	0,0222	0,0078	0,0300	0,0264	0,0062	0,0326	0,0242	0,0056	0,0298
0,0216	0,0056	0,0272	»	»	»	0,0238	0,0058	0,0296	0,0250	0,0062	0,0312	0,0182	0,0054	0,0236
POIDS MOYENS														
0,0263	0,0060	0,0323	0,0286	0,0070	0,0356	0,0274	0,0079	0,0353	0,0282	0,0067	0,0349	0,0254	0,0070	0,0324
TUBES FERMÉS PAR UN BOUCHON ; LES PLANTES N'ASSIMILENT PAS DURÉE DE L'EXPÉRIENCE : 80 JOURS														
0,0234	0,0082	0,0316	0,0114	0,0020	0,0134	0,0282	0,0088	0,0370	0,0222	0,0076	0,0298	0,0392	0,0088	0,0480[3]
0,0120	0,0044	0,0164	0,0106	0,0026	0,0132	0,0186	0,0102	0,0288	0,0190	0,0056	0,0246	0,0097	0,0046	0,0143
0,0120	0,0030	0,0150	0,0038	0,0014	0,0082[1]	0,0144	0,0076	0,0220	0,0180	0,0066	0,0246	0,0106	0,0024	0,0130
0,0080	0,0026	0,0106	0,0032	0,0014	0,0076[1]	0,0094	0,0034	0,0128	0,0116	0,0020	0,0136	0,0100	0,0022	0,0122
0,0030	0,0016	0,0096				0,0088	0,0016	0,0104	0,0105	0,0022	0,0127	0,0076	0,0022	0,0098
POIDS MOYENS														
0,0127	0,0039	0,0166	0,0088[2]	0,0018[2]	0,0106[2]	0,0159	0,0063	0,0222	0,0163	0,0048	0,0211	0,0154	0,0040	0,0194

(1) Ces plantes ont dû être récoltées 20 jours plus tôt que les autres parce qu'elles dépérissaient.

(2) Cette moyenne est très faible parce qu'elle est diminuée par 2 plantes malades qui ont dû être récoltées 20 jours trop tôt.

(3) Cette plante a fleuri. La fleur était constituée par un grand calice, une corolle très réduite, blanche, un androcée et un gynécée.

les plantes cultivées en l'absence de saponine. Dans la plupart des cas, il est même plus élevé, mais les différences de poids à l'avantage des plantes cultivées en présence d'agrostemmasaponine sont trop faibles pour qu'on puisse conclure à une action favorable exercée par ce glucoside.

F. — Sixième série de cultures.

Les résultats obtenus dans la quatrième série de cultures conduisent à conclure que l'*Agrostemma Githago* ne semble pas absorber l'agrostemmasaponine mise à la disposition de ses racines dans le milieu de culture. Nous avons vu que ces expériences ont été faites à l'aide de la seconde technique, c'est-à-dire dans des conditions telles que les parties aériennes des plantes, se développant dans un tube où le renouvellement de l'air est difficile et l'atmosphère presque complètement saturée d'eau, transpirent peu activement et par conséquent absorbent très lentement les liquides nutritifs par leur racine.

J'ai entrepris une dernière série de cultures en employant la première technique pour rechercher si les plantes dont les parties aériennes se développent à l'air libre, qui transpirent par conséquent plus activement et qui absorbent en un même temps une plus grande quantité de liquide, sont capables d'absorber la saponine fournie à leur racine ou bien absorbent tous les autres éléments du milieu nutritif en laissant le glucoside.

Les erreurs qui peuvent être faites au cours de l'analyse des liquides de culture dans cette première technique telle qu'elle a été décrite plus haut sont assez élevées, parce que, le volume du liquide de culture contenu dans chaque appareil étant assez considérable (1000 c.c. environ), les résultats des dosages portant sur 20 c.c. de ce liquide ayant de plus été dilué après l'hydrolyse, doivent être multipliés par un coefficient élevé; les erreurs qui peuvent être faites pendant ces dosages, quoique très faibles, sont ainsi considérablement augmentées. Pour diminuer ces erreurs, j'ai remplacé dans cette sixième série de cultures le flacon d'un litre de capacité décrit à propos de cette méthode par un flacon de 40 c.c. environ. De plus, les cultures antérieures ayant montré que le glucoside étudié n'est pas nocif pour l'*Agrostemma*, même à la concentration de 10 p. 1000, j'ai augmenté la concentration des milieux en agrostemmasaponine. Les milieux de culture employés ont donc été :

Le liquide de Knop.

Le liquide de Knop additionné de 5 p. 1000 d'agrostemmasaponine.

Le liquide de Knop additionné de 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine.

Ces milieux ont été stérilisés à l'autoclave à 120° pendant 30 minutes.

Le dosage de l'agrostemmasaponine a été réalisé, avant et après les cultures, en déterminant la quantité de sucre réducteur formée après hydrolyse du glucoside. Il a été contrôlé par pesée de la sapogénine libérée.

Les graines d'*Agrostemma Githago* employées avaient chacune un poids compris entre 0g,013 et 0g,015. Le poids sec moyen de ces graines était 0g,012. La stérilisation des graines a été faite par l'eau oxygénée.

Les cultures ont eu une durée de deux mois.

Les faits relatifs à l'action de l'agrostemmasaponine sur la morphologie des *Agrostemma* constatés au cours de cette sixième série de cultures ont été les mêmes que ceux qui sont indiqués plus haut : le glucoside employé n'est pas nocif pour l'*Agrostemma* même à la concentration de 10 p. 1000. Les individus cultivés en présence de cette quantité de saponine diffèrent de ceux cultivés en liquide de Knop non additionné de saponine par leur racine un peu plus courte mais plus trapue, pourvue de nombreux poils absorbants courts (fig. 11) ; la tige est également un peu plus courte ; ces différences sont dues à une concentration plus forte du milieu de culture en substances dissoutes.

Le poids de la substance sèche formée pendant la durée des cultures par chaque plante, la quantité de liquide de culture contenu dans chaque tube au début et à la fin des cultures, ainsi que la quantité d'agrostemmasaponine existant dans chaque tube avant et après l'expérience sont réunis dans le tableau ci-dessous.

Les erreurs que comporte la méthode d'analyse ne dépassent pas 2 mg. par tube pour le dosage lui-même. Si l'on ajoute les erreurs pouvant résulter de lavages incomplets des plantes et des tubes à culture, de la filtration, de l'hydrolyse, de la dilution des liquides, etc., on arrive à évaluer l'ensemble de ces erreurs pour chaque tube à un maximum de 10 mg. pour le milieu à 5 p. 1000 de saponine et à 18 mg. pour celui à 10 p. 1000 de saponine.

TABLEAU V

ETUDE DE L'ABSORPTION DE L'AGROSTEMMASAPONINE PAR L'*AGROSTEMMA GITHAGO*

COMPOSITION DU MILIEU DE CULTURE	SUBSTANCE SÈCHE DE LA TIGE FEUILLÉE	SUBSTANCE SÈCHE DE LA RACINE	VOLUME DU LIQUIDE AU DÉBUT DE LA CULTURE	VOLUME DU LIQUIDE A LA FIN DE LA CULTURE	SAPONINE AU DÉBUT DE LA CULTURE	SAPONINE A LA FIN DE LA CULTURE
Liquide de Knop.	Pas de	plante	33 c.c.	23 c.c. 5	0	0
	0, 075	0, 014	33 c.c.	2 c.c.	0	0
	0, 064	0, 013	33 c.c.	2 c.c.	0	0
	0, 056	0, 009	33 c.c.	2 c.c.	0	0
	0, 053	0, 010	33 c.c.	6 c.c.	0	0
	0, 049	0, 010	33 c.c.	6 c.c.	0	0
Moyennes :	0, 059	0, 011				
Liquide de Knop additionné de 5 p. 1000 de saponine.	Pas de	plante	30 c.c.	22 c.c.	0, 15	0, 14
	Pas de	plante	30 c.c.	23 c.c.	0, 15	0, 15
	0, 066	0, 016	30 c.c.	1 c.c. 5	0, 15	0, 14
	0, 055	0, 013	30 c.c.	7 c.c. 5	0, 15	0, 15
	0, 045	0, 014	30 c.c.	11 c.c.	0, 15	0, 15
	0, 045	0, 013	30 c.c.	8 c.c.	0, 15	0, 15
Moyennes :	0, 053	0, 014				
Liquide de Knop additionné de 10 p. 1000 de saponine.	Pas de	plante	33 c.c.	26 c.c.	0, 33	0, 33
	Pas de	plante	33 c.c.	27 c.c.	0, 33	0, 33
	0, 066	0, 017	33 c.c.	4 c.c. 5	0, 33	0, 33
	0, 051	0, 012	33 c,c.	8 c.c.	0, 33	9, 33
	0, 049	0, 014	33 c.c.	14 c.c. 5	0, 33	0, 33
	0, 033	0, 008	33 c.c.	17 c.c.	0, 33	0, 33
Moyennes :	0, 050	0, 013				

Il résulte de l'examen de ce tableau que :

1° Le poids sec moyen des parties vertes des *Agrostemma* cultivés dans les trois milieux est peu différent ; il est toutefois un peu moins élevé chez les individus cultivés en présence de saponine.

2° Le poids sec moyen des racines est par contre un peu plus grand chez ces dernières plantes, ce qui confirme la non-nocivité de l'agrostemmasaponine pour les racines de l'*Agrostemma*.

3° Si l'on compare les poids secs des plantes provenant de la quatrième série de cultures faite en adoptant la deuxième technique (organes aériens se développant dans un tube où l'air se renouvelle difficilement) avec ceux des plantes provenant de cette sixième série de cultures faite en adoptant la première technique (organes aériens développés à l'air libre), on constate que, quoique le temps de culture soit plus long dans le premier cas (trois mois) que dans le second (deux mois) le poids sec moyen des plantes est cependant beaucoup plus faible ; il n'atteint pas la moitié de celui des individus dont les organes aériens se sont développés à l'air libre. Cette différence est due uniquement à la méthode de culture, les plantes, dans le second cas, réalisant l'assimilation du gaz carbonique de l'air d'une manière plus intense, transpirant plus activement et par conséquent absorbant une plus grande quantité de substances par leurs racines.

4° La quantité de liquide absorbé est un peu plus grande lorsque ce liquide est dépourvu de saponine que lorsqu'il en contient.

5° Enfin, et c'est là le résultat le plus important, malgré que les plantes cultivées en présence d'agrostemmasaponine aient absorbé la plus grande partie du liquide nutritif qui était mis à la disposition de leurs racines, elles n'ont pas absorbé d'agrostemmasaponine ; les différences existant entre les quantités de glucoside contenues dans les tubes à la fin et au début des cultures ne dépassent pas en effet celles qui peuvent résulter des erreurs faites dans l'analyse des liquides. A mesure que dans chaque tube, la racine absorbait l'eau et les sels constituant le liquide de Knop, l'agrostemmasaponine restait donc intacte dans le milieu liquide qui se concentrait ainsi progressivement en glucoside. A la fin de l'expérience certains tubes contenaient donc une solution extrêmement concentrée en agrostemmasaponine ; pour l'un d'eux, le glucoside s'y trouvait dans la proportion de 73 p. 1000, pour un autre dans la proportion de 100 p. 1000. Il est intéressant de noter que même à cette concentration considérable de 100 p. 1000, réalisée dans le milieu de culture à la fin des expériences, l'agrostemmasaponine n'a pas exercé d'action nocive sur les racines de l'*Agrostemma Githago*.

Il y a donc eu, au niveau de la racine, séparation des éléments constituant le milieu nutritif en deux parties, les sels et l'eau d'une part, qui sont absorbés, l'agrostemmasaponine, d'autre part, pour laquelle les cellules superficielles de la racine constituent une barrière infranchissable.

Marie Korsakoff (1) a montré que l'*Agrostemma Githago* ne renferme pas de saponine dans son appareil végétatif, mais que cette plante en accumule dans ses graines en quantité notable (3, 3 °/₀ du poids sec). Il résulte des expériences précédentes que l'*Agrostemma Githago* qui, dans les conditions naturelles, élabore de l'agrostemmasaponine qu'elle accumule en proportion assez élevée dans ses graines est donc incapable d'absorber ce glucoside par ses racines dans des milieux où l'on met l'agrostemmasaponine à sa disposition à des concentrations variées.

V. — RECHERCHES RELATIVES A L'ÉTUDE DU RÔLE DE L'AMYGDALINE

Les recherches entreprises dans le but d'étudier le rôle de l'amygdaline chez les végétaux ont porté sur trois plantes : le *Raphanus sativus*, le *Vicia macrocarpa* et le *Vicia sativa*. Elles ont eu pour but de mettre en évidence si ce glucoside, placé au contact des racines des végétaux : 1° exerce ou n'exerce pas d'action nocive sur ces organes, 2° est ou n'est pas absorbé, 3° dans le cas où il serait absorbé, s'il est utilisé par les plantes qui l'absorbent. L'amygdaline étant un glucoside azoté, il m'a paru intéressant de rechercher si, dans le cas où il serait utilisé, il joue le rôle soit d'aliment azoté, soit celui d'aliment carboné, soit les deux à la fois.

A. — Première série de cultures. 1911.

Deux groupes d'expériences ont donc été entreprises en 1911, l'une en vue de rechercher si l'amygdaline peut être absorbée puis utilisée par le Radis comme aliment azoté, l'autre pour rechercher si ce glucoside peut être absorbé puis utilisé comme aliment carboné.

---

(1) Marie KORSAKOFF. Recherches biochimiques sur les saponines. (*Rev. gén. de Bot.*, T. XVI, pp. 225-244, 1914).

1. — L'amygdaline peut-elle être absorbée et utilisée comme aliment azoté par le Radis ?

Pour étudier si l'amygdaline peut être absorbée et utilisée comme aliment azoté par le Radis, des cultures ont été faites, d'une part, dans le milieu de Molliard, absolument dépourvu d'azote minéral et organique, et, d'autre part, dans le même milieu additionné d'amygdaline dans la proportion de 0, 25 p. 1000, 0, 50 p. 1000 et 1 p. 1000.

Lorsque les plantes croissent dans un milieu de culture privé d'azote, le développement s'arrête peu de temps après que l'azote contenu dans la graine a été épuisé. Si l'amygdaline, glucoside azoté, est absorbée par le Radis et utilisée comme aliment azoté, les individus cultivés dans un milieu renfermant de l'azote sous la forme glucosidique devraient atteindre un plus grand développement que ceux qui croissent dans un milieu ne renfermant pas du tout d'azote. La détermination du poids sec dans les plantes ayant vécu dans les divers milieux peut rendre compte des différences de développement si elles existent. Enfin si les différences sont en faveur des plantes cultivées en présence du glucoside, le dosage de l'azote sous ces différentes formes peut permettre de déterminer si l'amygdaline a été réellement utilisée.

Les cultures ont été faites en suivant la troisième technique ; le substratum employé a été la pierre ponce. Une série d'expériences a été effectuée en tubes fermés avec du coton, les plantes pouvant, dans ces conditions, assimiler le gaz carbonique de l'air ; une autre série a été faite en tubes fermés à l'aide d'un bouchon de caoutchouc, les plantes ne pouvant assimiler que le gaz carbonique émis dans la respiration. Cette dernière série de cultures devait fournir des renseignements sur le rôle de l'amygdaline non seulement comme aliment azoté mais aussi comme aliment carboné. Les graines employées avaient toutes été pesées et ne présentaient pas entre elles de différences de poids supérieures à 2 mg.

Les poids secs des plantes développées dans ces diverses conditions sont réunis dans le tableau suivant.

Le poids sec d'une graine de Radis, dépourvue de ses téguments, déterminé sur 100 graines, est de 0^{g}, 009.

TABLEAU VI

ETUDE DU RÔLE DE L'AMYGDALINE CONSIDÉRÉE COMME ALIMENT AZOTÉ ET CARBONÉ POSSIBLE POUR LE RADIS

TUBES FERMÉS AU COTON				TUBES FERMÉS PAR UN BOUCHON			
MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL ET SANS AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 0,25 p. 1000 d'AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 0,50 p. 1000 d'AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 1 p. 1000 d'AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL ET SANS AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 0,25 p. 1000 d'AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 0,50 p. 1000 d'AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL additionné DE 1 p. 1000 d'AMYGDALINE
0,033	0,031	0,038	0,029	0,020	0,022	0,020	0,017
0,032	0,029	0,034	0,025	0,018	0,020	0,020	0,016
0,031	0.028	0,023	0,025	0,017	0.020	0,018	0,013
0,030	0,026	0,022	0,021	0,017	0,016	0,017	0,012
»	0,025	0,021	»	0,015	0,015	0,016	0,012
POIDS MOYENS				POIDS MOYENS			
0,031	0,028	0,028	0,025	0,017	0,019	0,018	0,014
AUGMENTATION MOYENNE SUBIE PAR LES PLANTES				AUGMENTATION MOYENNE SUBIE PAR LES PLANTES			
0,022	0,019	0,019	0,016	0,008	0,010	0,009	0,005

1° Lorsque les plantes sont cultivées en tubes fermés au coton de façon que l'assimilation chlorophyllienne soit possible, celles qui croissent en milieu ne renfermant pas d'azote atteignent un poids sec plus élevé que celles qui se développent dans un milieu renfermant de l'azote sous la forme d'amygdaline. L'infériorité de poids est d'autant plus grande que la proportion d'amygdaline dissoute dans le milieu est plus élevée.

Il semble donc que, dans ces conditions, et pour le Radis, non seulement l'amygdaline ne puisse pas servir d'aliment azoté, mais ait une influence néfaste sur le développement de l'espèce étudiée.

2° Dans les cultures faites en tubes fermés hermétiquement à l'aide d'un bouchon de caoutchouc, de façon que l'assimilation chlorophyllienne soit limitée à la fixation du carbone mis en liberté dans le phénomène respiratoire, les plantes atteignent un poids à peu près semblable dans les milieux ne renfermant de l'azote que sous la forme d'amygdaline et dans le milieu ne contenant pas d'azote. Il ne semble donc pas, d'après ces résultats, que l'amygdaline puisse être considérée ni comme aliment azoté ni comme aliment carboné pour le Radis.

L'addition de glucose dans un milieu de culture dépourvu d'azote permettant d'obtenir des plantes plus robustes, j'ai répété la série de cultures précédente en additionnant chaque milieu de 5 °/ₒₒ de glucose dans le but de rechercher si des plantes plus robustes que les précédentes utiliseraient l'amygdaline comme aliment azoté.

Ces cultures pouvaient permettre d'étudier l'action de l'amygdaline considérée seulement comme aliment azoté et non comme aliment carboné.

La troisième technique a encore été adoptée ici.

La durée des cultures a été de deux mois. Les tubes à culture étaient fermés au coton.

Les résultats relatifs au poids sec des plantes obtenues au cours de ces cultures sont réunis dans le tableau suivant.

TABLEAU VII

ÉTUDE DU RÔLE DE L'AMYGDALINE CONSIDÉRÉE COMME ALIMENT AZOTÉ POSSIBLE POUR LE RADIS

MILIEU GLUCOSÉ SANS AZOTE MINÉRAL ET SANS AMYGDALINE	MILIEU GLUCOSÉ SANS AZOTE MINÉRAL ADDITIONNÉ DE 0,25 POUR 1000 D'AMYGDALINE	MILIEU GLUCOSÉ SANS AZOTE MINÉRAL ADDITIONNÉ DE 0,50 POUR 1000 D'AMYGDALINE
0, 122	0, 070	0, 042
0, 105	0, 057	0, 037
0, 102	0, 050	»
0, 056	0, 048	»
	POIDS MOYENS	
0, 096	0, 056	0, 039
	AUGMENTATION MOYENNE SUBIE PAR LES PLANTES	
0, 087	0, 047	0, 030

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

M^elle^ M. COLANI. — **Recherches sur les premières phases du développement de quelques Combrétacées et Barringtoniées.** (Thèse de l'Université, Fac. des Sc., Paris 1914).

Les débuts de la germination montrent chez les représentants de ces familles des particularités intéressantes jusqu'ici non signalées : ce sont elles que l'auteur a étudiées en détail chez les quatre espèces suivantes, trois Combrétacées: *Terminalia Catappa* Willd., *T. chebula* Willd., *Poivrea* sp. et une Barringtoniée, *Barringtonia speciosa* Willd. Ce sont des arbres originaires de l'archipel Malais et de l'Asie méridionale.

Au point de vue morphologique, la germination des Combrétacées est remarquable par le faible développement en longueur de l'hypocotyle et l'allongement considérable de la radicule. Chez *Barringtonia speciosa*, la germination est analogue à celle de certaines Myrtacées : il n'y a pas de cotylédons et c'est l'hypocotyle qui joue ici le rôle de ces organes. L'étude anatomique des plantules révèle quelques faits à signaler : hypertrophie des cellules de l'hypocotyle, grand développement des formations libériennes dans la radicule. Chez *Barringtonia*, il est remarquable de constater que « la différenciation cellulaire de la radicule, puis de la gemmule se fait au moment de la germination et dans les tissus mêmes de l'hypocotyle ». A. PIERRE ALLORGE.

Henry GUYOT. — **Le *Gentiana Lutea* L. et sa fermentation.** (Thèse de l'Université de Genève, Institut de Botanique, 9^e^ série IV^e^ fascicule, Genève, 1917).

L'étude chimique de la racine de Gentiane a fait l'objet de nombreuses recherches; H. Guyot rappelle qu'on y a déjà trouvé : des glucosides (gentiopicrine, gentiamarine, gentiine), des sucres (gentianose, gentiobiose, saccharose, glucose et lévulose), des corps divers : gentisine (éther méthylique de la 1, 3, 7 trioxyxanthone), pectine, tannin, essences, amidon et une graisse analogue à la cholestérine.

Des recherches personnelles lui ont permis de mettre en évidence plusieurs enzymes : une catalase dans les feuilles, une amylase en même quantité dans les feuilles que dans la racine, une oxydase et une sucrase dans la racine.

Les polysaccharides sont dégradés par plusieurs de ces ferments en produits plus simples, fermentescibles sous l'influence de divers organismes fongiques. La partie la plus importante de la thèse est consacrée à l'étude de ces organismes que H. Guyot a pu isoler, cultiver, décrire et pour lesquels il a étudié le rendement en alcool.

	ORGANISMES ÉTUDIÉS	RENDEMENT °/o D'ALCOOL EN VOLUME
Mucédinée	*Oidium gentianæ* H. Guyot	0
Levures	*Zygosaccharomyces Chodati* H. Guyot	8,18 °/o
	Saccharomyces sp.	8,18 °/o
	— *Zopfii* Artari	8,18 °/o
	— *Lendneri* H. Guyot	7,74 °/o
	— *Gentianæ* H. Guyot	7,74 °/o
	— *juillardensis* H. Guyot	8,18 °/o
	Pichia gentianæ H. Guyot	3,6 °/o
	— *farinosa* Lindner	5,39 °/o
	— *juratensis* H. Guyot	6,55 °/o
	Torula gentianæ H. Guyot	1,73 °/o

Les monosaccharides sont presque tous attaqués par ces levures, les disaccharides sont plus résistants : le saccharose n'est hydrolysé que par quatre levures, une seule décompose le maltose, quant au lactose, il n'est jamais transformé. Parmi les trisaccharides le raffinose est seul hydrolysé.

Deux chapitres sont consacrés à l'étude de la distribution géographique de la Gentiane jaune (avec carte) et à la statistique des différents types floraux observés par l'auteur.

Enfin j'ajouterai que l'on trouvera dans cet intéressant travail une table dichotomique pouvant servir à la détermination de tous les genres de levures décrits jusqu'ici.

Marcel Denis

Hasselbring (Heinrich). — **Behavior of sweet potatoes in the Ground** (*Journal of Agricultural research,* Vol. XII, n° 1, January, 7 1918).

H. Hasselbring ayant observé incidemment sur des stocks de patates que la teneur en amidon était plus élevée et la teneur en sucres plus faible pour les patates les plus récemment arrachées, a entrepris une étude systématique du métabolisme des hydrates de carbone et des variations de la teneur en eau chez la patate restée dans le sol. Et cela, depuis le moment où les tubercules sont suffisants pous fournir des échantillons, jusqu'à celui où la gelée les atteint gravement.

Les transformations s'accomplissent très régulièrement et d'une manière constante.

La composition, caractérisée par une forte teneur en amidon et une faible teneur en sucres, est remarquablement constante pendant la fin de la croissance.

A la mort des rameaux feuillés, il se produit une forte augmentation de la teneur en eau due à l'arrêt de la transpiration.

On observe également, à cette époque, le même phénomène qui a été observé chez les patates conservées en stocks : c'est-à-dire la transformation de l'amidon en sucres. Et on constate qu'il y a d'abord destruction partielle de l'amidon et formation plus abondante de sucres réducteurs ; ensuite, on voit augmenter la teneur en saccharose. C'est donc indirectement et en donnant d'abord des sucres réducteurs que l'amidon se transformerait en saccharose.

La teneur globale en hydrates de carbone reste à peu près constante pour la patate conservée dans le sol, alors que dans les stocks elle diminue sensiblement. C'est que la perte due à la respiration est beaucoup plus faible dans le sol. Elle ne devient sensible que lorsque les tubercules ont été atteints par la gelée.

Ces résultats ont un intérêt pratique. On voit que, jusqu'au moment où les rameaux se flétrissent, il n'y a pas pour la patate de point de maturité bien défini, les tubercules continuent à s'accroître sans se transformer, il n'y a donc aucun inconvénient à les laisser en terre.

Mais lorsque les feuilles ont été flétries par la gelée, il y a intérêt à les arracher sans tarder, la teneur en eau plus grande étant un obstacle à la bonne conservation des tubercules.

Les transformations des hydrates de carbone n'ont pas un grand intérêt pratique, la teneur globale en restant constante. Elle n'est diminuée que pour les tubercules atteints par la gelée, mais ils ont alors perdu leur valeur marchande. Madeleine MATTEI

NAKANO Harnfusa. — **Untersuchungen über die Entwicklungs- u. Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen.** (Recherches sur la physiologie du développement et de la nutrition de quelques Chlorophycées). *(Journal of the College of Science, Tokyo, Imperial University,* Vol. XL, 212 p. et 3 planches).

Les expériences ont porté sur des cultures pures des espèces suivantes :

Chlorella vulgaris Bej. var. *lutescens,* var. nov.
Stichococcus bacillaris Näg. var. *viridis,* var. nov.
Scenedesmus obliquus Kütz. var. *non liquefaciens,* var. nov.
Chlorosphæra putrida, sp. nov.
Chlamydomonas koishikavensis, sp. nov.

Le ralentissement hivernal de la croissance des Algues résulte des basses températures et non d'un repos autonome de la plante ; diverses conditions peuvent modifier cette période de repos.

La réaction acide ou alcaline des cultures dépend de la nature du milieu ; chez le *Chlamydomonas koishikavensis* on peut montrer, au moyen de KH_2PO_4, la prédominance de la réaction acide.

On a pu obtenir des cultures anaérobies de *Scenedesmus.*

La valeur nutritive de la peptone pour le *Chlorella vulgaris,* dépend de la composition totale du milieu. Au point de vue du glucose, le *Chlorella* et le *Stichococcus* préfèrent les fortes concentrations ; le *Chlorosphæra* et le *Chlamydomonas,* les concentrations moyennes ; le *Scenedesmus,* les concentrations faibles.

L'auteur a isolé du sol du jardin botanique de Koishikawa un *Azotobacter* qui a été identifié à l'*Azotobacter chroococcum* var. A_1 de Jones.

Cet *Azotobacter* a été cultivé avec les diverses Algues étudiées et a donné dans ces conditions plus d'azote qu'en culture libre.

L'auteur a aussi étudié l'action de diverses conditions chimiques ou physiques sur des phénomènes de décoloration qui correspondent à une désorganisation chimique des Algues. Jean Friedel

KIDSTON R. — **Contributions to our knowledge of British palæozoic plants. Part I. Fossil plants of the Scottish Coal-Measures.** (*Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, Vol. LI, part. III, n° 22, pl. 1-3, 1916).

M. Kidston a commencé la publication d'une série de contributions à l'étude des plantes fossiles du Paléozoïque de Grande-Bretagne. Cette première partie ne comprend que des plantes du Houiller d'Ecosse. Ce sont, entre autres :

Un *Sphenopteris* nouveau, voisin du *Sph. herbacea* Boulay du Houiller du nord de la France.

Sigillaria elegans Stern. n. sp. On trouve ici la critique de plusieurs formes qui ont été distinguées par Weiss et Koehne.

Sigillaria incerta n. sp. autrefois rapporté par l'auteur au *S. Brardi* et que la disposition des coussinets foliaires placerait entre les sections *Favularia* et *Clathraria*.

Lagenospermum parvulum n. sp., cupules closes d'une Ptéridospermée, renflées à la base, terminées au sommet par six dents, correspondant aux six lobes.

Stigmaria minuta Göppert ; à ce sujet, l'auteur donne des renseignements, précieux pour les paléobotanistes, sur des *Stigmaria* à cicatrices radiculaires plus petites que celles du *Stigmaria ficoïdes*.

A. Carpentier

Nemours.— Imp Henri Bouloy. Le Gérant : Henri Bouloy

DE L'INFLUENCE DES NEIGES SUR LA RÉPARTITION DES DIFFÉRENTS VÉGÉTAUX A MÊME ALTITUDE DANS LES ZONES ÉLEVÉES DES PYRÉNÉES

par M. Joseph **BOUGET** (1)

Nous avons déjà étudié, dans un travail précédent (2), les répartitions des divers végétaux en altitude. Nous y avons montré comment les espèces varient en partant de la *zone montagneuse* à la *zone subalpine* et de celle-ci à la *zone alpine*. Dans cet essai de géographie botanique, nous sommes partis du pied de la montagne pour nous élever vers les sommets, en déterminant à mesure les plantes dominantes que nous rencontrions.

Notre dessein est aujourd'hui de même ordre et cependant tout autre. En voici l'esprit.

Quand on s'arrête, en un point des zones élevées, à considérer la répartition des végétaux appartenant à une même altitude, une même nature de terrain et une même exposition, on est surpris de voir leur étrange disparité.

On y rencontre en effet des groupements ou petites colonies comprenant un certain nombre d'espèces que l'on ne trouve pas à côté, dans une colonie différente. Chaque groupement a sa flore particulière et ceci même sur des surfaces réduites parfois à quelques mètres carrés.

---

(1) J'adresse tous mes remerciements à M. le Professeur Henri Devaux, de l'Université de Bordeaux, qui a bien voulu s'intéresser à ces recherches, vérifier sur place les résultats de mes observations, et me donner une aide précieuse pour la rédaction de ce Travail.

(2) *Bulletin de la Société Ramond* (4e trimestre 1904).

Bien plus, il arrive que dans certains endroits on rencontre des espèces de la plaine à des altitudes plus ou moins élevées. Dans la zone alpine par exemple on pourrait voir à côté du Rhododendron la simple Pâquerette ; et de même, à la limite supérieure de la végétation, le vulgaire Pissenlit à côté de la Potentille des neiges.

On se demande comment et pourquoi des plantes de la plaine peuvent se juxtaposer ainsi à des plantes alpines. Ce sont là des associations surprenantes qui jettent quelque confusion dans l'esprit du naturaliste. Logiquement, on s'attendrait, en effet, à rencontrer chaque espèce dans la région qui lui est propre, et l'apparition de celles-ci à des altitudes si élevées paraît assez étrange.

Il faut en tout cas conclure de ces faits que la répartition des végétaux dans nos montagnes est certainement sous la dépendance, non seulement de l'altitude, de l'exposition, de la nature du terrain, mais aussi d'autres causes qui, d'une part, déterminent des localisations en groupements d'espèces distinctes, d'autre part, permettent à certaines plantes de la plaine de végéter à des altitudes même très élevées. Le travail actuel a pour objet d'essayer de mettre en lumière une de ces causes de la répartition des plantes dans la chaîne des Pyrénées.

Il est certain du reste que beaucoup d'autres causes, connues ou inconnues, agissent en même temps. Mais celle que nous voulons examiner ici paraît avoir une importance prépondérante qu'il faut d'autant plus faire ressortir qu'elle entraîne des conséquences d'ordre pratique, relatives par exemple aux possibilités de reboisement. Je dois ajouter enfin que les faits que je vais signaler et condenser en quelques pages ont un caractère de grande généralité. Ils résultent, en effet, d'observations poursuivies pendant de nombreuses années, non seulement au Pic du Midi, mais aussi dans une grande partie des montagnes formant le côté français des Pyrénées centrales.

Pour la facilité de l'exposition, nous grouperons l'ensemble des faits en considérant trois niveaux, trois bandes typiques de terrain situées aux altitudes respectives de 1900 m., de 2500 m. et de 2800 mètres. Nous relèverons pour chacun de ces trois niveaux les divers végétaux disparates qui y vivent en colonies à une même altitude. Nous dirons enfin quel est le facteur essentiel qui nous paraît régir cette répartition et nous essaierons de montrer comment il peut expliquer les observations apportées.

I. Altitude de 1900 mètres. — Nous voici à 100 mètres au-dessus de la limite supérieure de la sapinière. Par endroits il apparaît encore quelques lambeaux de la végétation arborescente, que l'on serait tenté de rattacher à la bande sylvatique ; mais j'ai démontré dans un autre travail (1) qu'il faut interpréter autrement ce fait singulier. Par ailleurs les arbres manquent complètement, et le pâturage se compose d'une végétation plus ou moins complètement herbacée. Cette végétation basse n'est du reste pas homogène. Par endroits elle est bien constituée uniquement par des herbes, mais ailleurs elle comprend aussi des arbustes ou des plantes sous-frutescentes.

Or les herbes poussant au milieu des végétaux ligneux ne sont pas du tout les mêmes que celles qui poussent isolément, de sorte qu'on a une mosaïque singulière de colonies fragmentées et entremêlées, caractérisées chacune par une florule particulière :

1° Arbres avec plantes sous-frutescentes et herbacées ;

2° Arbustes et herbes spéciales ;

3° Plantes uniquement herbacées bien distinctes des précédentes.

L'existence de ces types distincts à une même altitude ne s'explique du reste ni par l'orientation, ni par la nature du terrain. Mais leur fragmentation et leur intrication surprennent aussi, car on n'aperçoit d'abord aucun ordre bien distinct dans la répartition des colonies.

Quand on regarde de près pourtant, on a l'impression que le relief du sol y joue un rôle. Cette impression est exacte, *la végétation ligneuse est ordinairement localisée sur les reliefs, tandis que les plages uniquement herbacées occupent plutôt les dépressions.* Afin de confirmer et de préciser cette observation et dans le but d'en apprécier la portée, il est utile de faire une coupe *horizontale*, c'est-à-dire d'examiner la végétation occupant une bande de terrain assez étroite, qui suive horizontalement toutes les sinuosités d'un même versant, en conservant du reste la même exposition et si possible la même nature géologique.

On constate aussitôt que la végétation, quoique située rigoureusement au même niveau et soumise aux mêmes conditions d'exposition et de terrain, varie considérablement suivant les modifications plus ou moins légères *du relief* de cette bande et même suivant qu'elle affecte *une forme convexe ou concave*. La chose est surtout frappante quand on examine la végétation ligneuse. Si la bande passe par un relief, crête ou simple proéminence, elle est occupée par des arbres ou du moins des arbrisseaux. Si elle rencontre un versant simplement convexe, les arbres font place aux arbrisseaux ou même aux arbustes. Si enfin elle passe par une pente concave, toute végétation ligneuse fait presque toujours (1) complètement défaut, on ne rencontre plus que des plantes uniquement herbacées.

---

(1) *Bulletin de la Société Ramond* (2e semestre 1911).

VÉGÉTATION LIGNEUSE. — Voici à titre d'exemple les principales espèces ligneuses que l'on rencontre alors en commençant par les arbres : *Pinus montana* Mill., *Betula alba* L., *Aria nivea* Host., *Sorbus aucuparia* L., *Cerasus Padus* D. C., *Salix capræa* L., *Juniperus alpina* Clus., *Arbutus Uva-Ursi* L., *Rosa alpina* L., *Ribes alpinum* L., *Lonicera pyrenaica* L., *Dryas octopetala* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Arbutus alpina* L., *Empetrum nigrum* L., *Rhododendron ferrugineum* L., *Cotoneaster vulgaris* Lindl., *Rosa alpina* L., *Vaccinium Myrtillus* L., etc.

Bien entendu les reliefs calcaires n'ont pas la même végétation que les reliefs siliceux. Mais certaines plantes sont ubiquistes et se rencontrent partout : *Betula alba* L., *Aria nivea* Host., *Sorbus aucuparia* L., *Cerasus Padus* D. C., *Juniperus alpina* Clus., etc. D'autres sont calcicoles : *Cotoneaster vulgaris* Lindl., *Dryas octopetala* L., *Rhamnus pumila* L., *Lonicera pyrenaica* L., etc. D'autres calcifuges : *Pinus montana* Mill., *Aria Chamæmespilus* Host., *Rhododendron ferrugineum* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Calluna vulgaris* Salisb.

La totalité des plantes ligneuses précédentes n'existe donc jamais réunies ; mais quelle que soit la nature chimique du sol, *la végétation ligneuse au niveau de 1900 mètres suit la loi de répartition indiquée ici, c'est-à-dire n'occupe en somme que les parties saillantes du sol et spécialement les crêtes.*

VÉGÉTATION HERBACÉE. — Ce que nous venons de dire pour la répartition des plantes ligneuses, existe aussi pour les plantes herbacées, avec cette différence toutefois que les herbes existent partout, depuis les parties les plus en relief de la bande horizontale, jusqu'à celles qui sont le plus en creux. Seulement la nature de ces herbes varie, elle n'est pas du tout la même sur les reliefs qu'au fond des dépressions ; on trouve même entre les deux une flore spéciale, de sorte *qu'au même niveau horizontal* on rencontre généralement, comme nous l'avons dit plus haut, trois flores distinctes :

---

(1) Voir plus loin une exception intéressante.

a) Sur les parties très en relief, formant véritablement une crête, une flore qu'on peut qualifier de saxicole.

b) Sur les parties moyennes, c'est-à-dire sur les pentes convexes ou planes, une flore qu'on peut qualifier simplement d'alpine, faute de terme plus approprié. C'est là en effet que se rencontrent la plupart des plantes caractéristiques du niveau que nous étudions ici (1900 m.).

c) Sur les pentes concaves, c'est-à-dire celles qui généralement relient les pentes convexes, on rencontre une flore toute spéciale, et des plus curieuses, mélange d'espèces alpines et d'espèces de la plaine. Les espèces qu'on y rencontre ont pourtant un caractère commun, *elles appartiennent à la catégorie des plantes hygrophiles.*

a) FLORE DES ARÊTES ET PROÉMINENCES. — Cette flore n'est essentiellement saxicole que si le relief est suffisamment marqué par des roches. On trouve alors dans ces crêtes, outre les arbres ou arbrisseaux précités, les plantes herbacées suivantes : *Saxifraga longifolia* Lap., *Antirrhinum sempervirens* Lap., *Potentilla alchimilloides* Lap., *Buplevrum angulosum* L., *Anemone alpina* L., *Hieracium mixtum* Fries., *Primula viscosa* Will., *Alchimilla alpina* L., *Gypsophila repens* L., *Silene Saxifraga* L., *Asperula hirta* Ram., *Kernera saxatilis* Rchb., *Sempervivum arachnoideun* L., etc.

Bien entendu la nature calcaire ou siliceuse du terrain régit ici la végétation de ces crêtes, selon les affinités particulières aux espèces végétales. L'existence d'arbres ou d'arbustes retentit aussi avec puissance sur la flore herbacée. *Les arbres peuvent y manquer complètement.* Ceci arrive nécessairement quand le terrain, au lieu de former une crête, se présente sous forme d'une croupe arrondie. On ne peut alors rencontrer que la flore des pentes convexes.

b) FLORE DES PENTES CONVEXES ET PLANES. — Cette flore, indépendamment des arbustes bas qui peuvent l'occuper (Bruyères, etc.), contient les plantes herbacées caractéristiques de la flore alpine proprement dite. Elle a, le plus souvent, l'étendue la plus considérable. On y rencontre les plantes suivantes associées selon la nature du sol, l'exposition, etc. : *Carduus carlinoides* Gouan., *Anemone vernalis* L., *Geranium cinereum* Cav., *Trifolium alpinum* L., *Vicia pyrenaica* Pourr., *Primula integrifolia* L., *Potentilla alpestris* Hall., *Sibbaldia procumbens* L., *Androsace carnea* L., *Gentiana verna* L., *Soldanella alpina* L., *Botrychium Lunaria* Sw., *Aspidium Lonchitis* Sw., *Festuca alpina* Gaud., etc.

c) FLORE DES PENTES CONCAVES, c'est-à-dire des parties les *plus basses, fond de tous les talwegs et de toutes les dépressions.*

La caractéristique essentielle de cette flore est, comme nous l'avons dit, qu'elle possède un faciès nettement hygrophile et que les arbustes y manquent (1). Mais on y trouve par contre un mélange des herbes hygrophiles de la zone alpine avec des herbes également hygrophiles de la plaine. C'est certainement le type le plus curieux et le plus inattendu d'association que nous pouvions rencontrer à 1900 m. Citons par exemple : *Angelica pyrenæa* Spreng., *Cardamine pratensis* L., *Ranunculus pyrenæus* L., *Cirsium palustre* Scop., *Arabis bellidifolia* Jacq., *Trifolium pratense* L., *Luzula vernalis* D. C., *Galium vernum* Scop., *Hieracium Auricula* L., *Rumex alpinus* L., *Arenaria grandiflora* All., *Ranunculus bulbosus* L., *Bellis perennis* L., *Plantago intermedia* Gilibert, *Plantago alpina* L., *Sagina Linnæi* Presl., *Poa annua* L. (vivace dans cette zone), etc.

II. — Altitude de 2500 mètres. — A 2500 mètres la répartition des espèces suit une marche analogue, avec cette différence toutefois que les types sont d'une flore plus alpine. Cependant les types de la plaine y sont encore largement représentés dans les dépressions.

a) FLORE DES CRÊTES ROCHEUSES ET DE LEURS ABORDS IMMÉDIATS. — La végétation ligneuse n'est plus représentée ici que par un seul arbre, le *Pinus montana*, et ceci exclusivement sur le granit; tout le reste consiste en arbustes très bas (*Juniperus alpina* Clus., *Salix pyrenaica* Gouan., *Dryas octopetala* L., etc.), avec des plantes herbacées saxicoles telles que : *Valeriana globulariæfolia* Ram., *Arte-*

---

(1) Voir l'exception déjà signalée.

misia Villarsii G. G., *Saxifraga muscoides* Wulf., *Oxytropis pyrenaica* G. G. *Saxifraga bryoides* L., *Arenaria purpurascens* Ram., *Draba tomentosa* Wahl., *Silene rupestris* L., *Campanula pusilla* Hænk, *Paronychia capitata* Lam., etc.

Si les crêtes manquent, les proéminences formant simplement des croupes arrondies, on rencontre encore des arbustes, mais les plantes herbacées saxicoles sont remplacées par celles de la zone suivante.

b) FLORE DES PENTES CONVEXES. — On y rencontre les types suivants : *Phyteuma hemisphæricum* L., *Geum montanum* L., *Erigeron alpinus* L., *Oxytropis campestris* D. C., *Ranunculus amplexicaulis* L., *Lychnis alpina* L., *Leucanthemum alpinum* Lam., *Juncus trifidus* L., *Armeria alpina* Willd., *Pedicularis pyrenaica* Gay., *Carex atrata* L., *Veronica bellidioides* L., *Gentiana nivalis* L., *Festuca eskia* Ramond, etc.

c) FLORE DES PENTES CONCAVES ET DES DÉPRESSIONS. — Ici encore absence complète de toute végétation ligneuse, même basse, et présence d'espèces hygrophiles les unes alpines, les autres de la plaine. Ces curieuses associations peuvent être représentées à ce niveau de 2500 mètres par : *Saxifraga ajugæfolia* L., *Veronica alpina* L., *Trifolium cæspitosum* Reyn., *Veronica aphylla* L., *Cystopteris fragilis* Bernh., *Braya pinnatifida* Koch., *Cerastium arvense* L., *Epilobium alpinum* L., *Spergularia rubra* Pers., *Viola biflora* L., *Trifolium repens* L., *Alopecurus Gerardi* Vill., *Poa alpina* L., *Plantago alpina* L., *Taraxacum Dens-Leonis* L., etc.

III. Altitude de 2800 mètres. — Vers 2800 m., nous retrouvons encore les mêmes phénomènes, dans des limites naturellement plus réduites. L'arbre a disparu, mais l'arbuste le remplace encore et le type de la plaine y figure toujours, même à cette limite supérieure de la végétation.

a) FLORE DES CRÊTES. — *Juniperus alpina* Clus., *Salix retusa* L., *Salix herbacea* L., *Salix reticulata* L., *Avena montana* Vill., *Androsace pubescens* D. C., *Carex nigra* All., *Saxifraga grœnlandica* L., *Carex pyrenaica* Wahl., *Potentilla nivalis* Lap., *Saxifraga oppositifolia* L., *Oxyria digyna* Campd., *Petrocallis pyrenaica* R. Br., *Anthyllis Allionii* D. C., *Draba frigida* Sauter., *Papaver alpinum* L., *Artemisia Mutellina* Willd., etc.

b) FLORE DES PENTES CONVEXES. — *Lotus corniculatus* L., *Silene acaulis* L., *Cherleria sedoides* L., *Thymus Serpyllum* L., *Galium pyrenaicum* Gouan., *Crepis pygmæa* L., *Veronica nummularia* Gouan., *Linaria alpina* D. C., *Pedicularis rostrata* L., *Agrostis alpina* Scop., *Polygonum viviparum* L., *Trisetum subspicatum* P. B., *Erigeron uniflorus* L., etc.

c) FLORE DES PENTES CONCAVES. — *Taraxacum Dens-Leonis* L., *Alopecurus Gerardi* Vill., *Poa alpina* L., *Chenopodium Bonus-Henricus* L., *Plantago alpina* L., *Meum athamanticum* Jacq., *Myosotis pyrenaica* Pourr., *Alchimilla vulgaris* L., *Poa annua* L., *Ranunculus alpestris* L., *Epilobium alpinum* L., *Saxifraga planifolia* Lap., *Cystopteris fragilis* Bernh., etc.

Causes déterminantes de cette répartition spéciale. — Comment expliquer maintenant cette répartition de végétaux disparates et parfois si rapprochés cependant ? Nous allons montrer l'influence, prépondérante à notre avis, que jouent les neiges dans ces phénomènes, tant par leur épaisseur que par leur durée, les autres causes étant subordonnées à celle-là. Mais pour faire ressortir le rôle de ce facteur, que nous croyons essentiel, commençons d'abord par donner un aperçu du mécanisme de l'enneigement, des déplacements des neiges et de leur fonte.

La neige en montagne. — La saison hivernale commence proprement aussitôt que la neige couvre le sol. Dans le courant de l'hiver, les chutes de neige successives peuvent, suivant la rigueur du temps, constituer des masses plus ou moins considérables.

Mais la neige en montagne n'est pas distribuée suivant des couches continues et régulières : elle se présente plutôt par amoncellements plus ou moins étendus. Cette répartition de la neige se voit très nettement pendant les belles périodes hivernales, sous un régime doux (particulièrement celui de l'autan dans les Pyrénées) ; parfois aussi quand il y a des inversions de température en altitude. Alors, soudain, la neige fond sur les crêtes et les parties saillantes qui, par leurs teintes sombres, ressortent davantage sur les bas-fonds enneigés. C'est sur ces bas-fonds seuls que de vrais champs de neige persistent après la fonte générale. Ils subsistent plus ou moins longtemps, pendant l'été, constituant alors les *névés*. Ceux-ci sont aussi formés par les restes des énormes amoncellements que forment dans les creux les tourmentes hivernales et quelquefois les avalanches.

Maintenant comment est régie cette distribution des neiges en montagne? Il faut tenir compte : 1° des facteurs météorologiques ; 2° du rôle du relief montagneux.

1° *Rôle des facteurs météorologiques.* — La faible densité de la neige fait qu'elle est toujours très mobile sous l'action des vents. Sa densité est d'ailleurs extrêmement variable suivant l'état de l'atmosphère ; quelquefois et particulièrement au milieu de l'hiver, quand les températures sont les plus basses, les cristaux de neige sont tellement ténus qu'ils ont l'apparence de vraies poussières. C'est ce qui rend impossible toute évaluation exacte touchant la hauteur de neige tombée. Le vent joue dès lors un rôle capital dans la répartition des neiges, rôle variant avec son intensité et avec la densité de la neige. Il faut avoir vu de près une tourmente de neige en montagne pour se rendre compte comment se fait cette répartition ; ici ce sont des nuages de neige qui passent et s'engouffrent dans les gorges et bas-fonds, là la neige tombe en masse contre un versant et retombe en avalanche dans la gorge. Ailleurs, ce sont des nuées qui sautent les crêtes pour rejaillir en cascade de l'autre côté.

Maintenant comment expliquer certaines accumulations de neiges, tantôt sur un versant, tantôt sur un autre? C'est à la direction des vents qu'il faut en rapporter la cause ; c'est elle aussi qui explique les avalanches exceptionnelles. Dans une tourmente, quand le vent souffle d'une direction qui n'est pas habituelle, il charge démesurément certains versants qui, ordinairement, ne donnent pas d'avalanches, lesquelles pour cette raison surprennent les habitants ; c'est ce qui explique les catastrophes récentes de Barèges, Aragnouet, Héas, etc. Dans tous ces cas, c'est un vent du N.-E., ordinairement très rare à ces endroits pendant les grandes tourmentes, qui a été la cause de ces catastrophes.

2° *Rôle du relief montagneux.* — On conçoit facilement l'action du relief des montagnes sur le vent ; il modifie sa marche générale, il lui fait prendre des courants ascendants et descendants, il augmente sa vitesse particulièrement dans les cols et sur les crêtes ; au contraire, il la tempère dans les gorges, dans les bas-fonds, où le vent est contraint à tourbillonner et où il précipite des amas énormes de neige.

On comprend donc que le relief des montagnes explique aussi par *lui-même* la répartition des neiges. Quand il neige par vent calme, la neige tombe d'une façon à peu près uniforme sur toute la surface du sol. Mais ensuite l'action du relief intervient pour rompre cette répartition presque uniforme ; à mesure que la couche augmente, son poids augmente aussi, et elle tend à glisser sur les pentes fortement déclives. Ce glissement a lieu d'autant plus tôt que la déclivité est plus grande et, dès que l'équilibre stable est rompu, l'avalanche se déclanche et des masses considérables vont se répandre dans les bas-fonds. Les avalanches coutumières en certains endroits produisent même des couloirs bien façonnés qui sont nettement visibles. Le fait est surtout frappant dans la bande sylvatique, quand celle-ci est surmontée d'une pente alpine. On voit alors la sapinière sectionnée çà et là par de vrais couloirs qui affectent souvent une forme conique évasée dans le bas.

La fonte des neiges et ses effets. — L'hivernage étant fini et la répartition des neiges rapidement indiquée, voyons sommairement le *mécanisme* de la *fonte* et ses *effets*. Vers la fin de la mauvaise saison commence la fonte des neiges qui varie suivant le temps et suivant les endroits. Pendant cette période, tous les facteurs du sol et du climat sont en pleine action et d'autre part des phénomènes extrêmes se produisent : à une journée d'été succède une journée d'hiver, à une nuit froide succède une journée chaude, après une chute de neige survient une ondée orageuse : c'est la fonte intermittente. Enfin pendant certaines journées, sous l'action de la radiation solaire plus ou moins générale, c'est la débâcle : glissements des neiges, éboulements de roches, écroulements de tertres, fusion intense des *névés* qui submergent toutes les dépressions et les bas-fonds. Mais toute cette révolution cesse généralement avec le refroidissement nocturne.

C'est l'époque la plus désastreuse pour la végétation, particulièrement des parties basses. Et ces méfaits s'aggravent si la gelée survient.

Effets particuliers et effets généraux. — Au milieu de tous les effets produits par ces phénomènes, tant en hiver qu'au printemps et en été, il faut distinguer soigneusement ceux qui sont particuliers et ceux qui sont généraux. Ces derniers seuls ont une portée d'ensemble pouvant retentir sur la répartition des végétaux, quoique certains effets particuliers très apparents, tels que les avalanches, attirent plus fortement l'attention.

Nous devons chercher les effets généraux parmi ceux qui apparaissent régulièrement dans le temps et dans l'espace, et sur de grandes étendues, et qui se manifestent inévitablement chaque année aux mêmes endroits, grâce à la configuration du sol et au retour constant des mêmes circonstances saisonnières.

Parmi ces effets, il n'y en a probablement aucun de plus général que celui qui se rapporte à l'*enneigement*, c'est-à-dire au dépôt et à la persistance plus ou moins prolongée d'un manteau de neige à la surface du sol.

Sur les crêtes et les pentes abruptes, la neige ne peut s'accrocher, le manteau manque toujours ou n'y apparaît que très mince et pour un temps très momentané. Mais dans les bas-fonds et sur les surfaces peu inclinées c'est l'inverse, la neige tombée s'y accumule, il en arrive même d'autre des pentes voisines par glissement.

Il en résulte que le terrain des bas-fonds reste couvert de neige pendant de longs mois et que la période de mise à découvert est parfois réduite à quelques mois, deux ou trois dans certains endroits. Or tout à côté et au même niveau horizontal, le sol se découvre au contraire beaucoup plus vite ; il est à proprement parler à découvert pendant toute la belle saison. On a donc en montagne, selon le relief du sol, des enneigements nuls ou très courts et des enneigements très longs, avec tous les cas intermédiaires. Ces enneigements différents ne dépendent du reste que du relief, ils apparaissent très distincts, côte à côte *au même niveau*, quels que soient l'orientation ou le terrain.

Rapports de l'enneigement avec la végétation. — Or nous avons signalé et décrit plus haut que la répartition des plantes de la montagne est aussi, partout, en rapport étroit avec le relief. Sur les crêtes, végétation xérophile, ligneuse ou herbacée ; dans les dépressions, végétation hygrophile, toujours herbacée ; entre les deux, végétation différente à faciès intermédiaire.

L'enneigement, c'est-à-dire l'existence et la persistance d'un manteau neigeux sur le terrain, suivant aussi fidèlement le relief du terrain, étant nul ou bref sur les crêtes ou les reliefs, considérable et prolongé sur les bas-fonds et les dépressions, il est naturel d'établir une relation entre les deux ordres de faits. Les plantes des crêtes et des reliefs étant xérophiles ne peuvent supporter une couverture trop prolongée ; les plantes des bas-fonds et des dépressions le peuvent au contraire parce qu'elles sont amies de l'humidité. Le mécanisme complet de ces adaptations doit du reste être étudié par les physiologistes ; il suffit à un botaniste observateur de les avoir signalées.

Application de ces données à la question de l'aménagement des montagnes. — On peut déduire des faits exposés plus haut des conséquences variées. Les plus importantes sont celles relatives à l'aménagement des hautes régions de nos montagnes, et nous croyons devoir insister ici sur cette question, car elle est des plus controversées et des plus graves au point de vue de l'économie des forêts et des pâturages de nos montagnes.

L'observation fréquente de bouquets d'arbres sur les crêtes rocheuses au-dessus de la limite supérieure atteinte actuellement par les forêts est souvent considérée comme une indication directe que les forêts pourraient monter jusqu'à ces niveaux. Pour expliquer l'absence d'arbres entre les crêtes, on accuse dès lors diverses causes de destruction de la végétation arborescente, les troupeaux, les incendies, etc. Il suffirait, dit-on, de garnir tous les espaces vides d'une plantation continue, et de protéger celle-ci, pour voir la limite supérieure des Sapins, qui est actuellement vers 1800 m., sur le versant nord des Pyrénées, s'élever à 1900, à 2000 et 2300 mètres.

Conformément à ces idées des essais plus ou moins étendus ont été entrepris, toujours très coûteux, et... l'insuccès le plus complet a toujours répondu aux efforts effectués ! Je pourrais à ce sujet citer de nombreux exemples. Contentons-nous d'un seul, celui de Barèges (1).

---

(1) Sans entrer dans des détails qui nous entraîneraient trop loin dans ce travail et sur lesquels nous reviendrons peut-être un jour, disons tout de suite que les vastes plantations qui y furent faites et s'étendent bien au-dessus de la bande sylvatique donnent un aperçu très net de l'importance des facteurs que nous venons d'étudier. C'est en se plaçant à la limite supérieure de la sapinière que l'on constate très distinctement l'effet de l'altitude par une diminution brusque du port des arbres

On a, il est vrai, toujours trouvé des causes pour expliquer ces insuccès ; il y a souvent, dit-on, des accidents, tels que les avalanches qui ont détruit les plantes trop jeunes encore pour leur résister. Ou bien les mesures de préservation contre la dent des animaux ou les déprédations des bergers n'ont pas été assez sévères. Tout donc est à recommencer... et l'on recommence de nouveau et à grands frais !

En réalité, et sans nier qu'en des points, trop nombreux hélas, l'homme et les troupeaux ne soient de véritables destructeurs de la forêt, spécialement dans les régions élevées où sa reconstitution est lente et difficile, il faut examiner également si la forêt est vraiment capable de s'élever au-dessus de la limite qu'elle atteint si régulièrement dans une multitude de points sans jamais la dépasser, 1800 m. par exemple, pour les forêts d'*Abies pectinata*.

La présence d'arbres isolés ou de bouquets au-dessus de cette limite est interprétée comme indicatrice de la possibilité de l'existence de la forêt. Mais l'isolement même de ces arbres, *toujours sur des crêtes*, ne peut-il être causé par une cause plus naturelle, plus constante et plus implacable même que la dent des moutons ou toute autre action étrangère ?

Si l'on examine la limite supérieure de la forêt, on voit bien souvent que cette limite remonte le long des crêtes, de sorte que la ligne sombre des Sapins s'élève très notablement *plus haut* sur ces crêtes que dans les dépressions qui les séparent. Si l'altitude seule agissait, c'est le contraire qu'on devrait obtenir. N'est-ce pas l'indication bien claire qu'une cause *naturelle* autre que l'altitude intervient à ce niveau pour modifier la ligne supérieure de la végétation arborescente.

Un fait très frappant et souvent observé vient à l'appui de cette manière de voir. Il arrive que le terrain où des arbres végètent encore vigoureusement sur les pentes situées vers cette limite supérieure glisse dans son ensemble avec sa couverture végétale et vient occuper des fonds normalement dépourvus de toute végétation arborescente. On observe alors que les arbres ainsi transportés

---

qui se répercute à perte de vue sur toutes les plantations des montagnes avoisinantes. L'importance du relief du sol en rapport avec l'enneigement se manifeste ici tout aussi bien que partout ailleurs sur toute la végétation et y produit les irrégularités signalées.

continuent d'abord à végéter vigoureusement pendant toute la première année. Mais la deuxième année la croissance de leurs pousses est amoindrie, elle diminue ensuite les années suivantes, et à la fin les arbres meurent et sont éliminés (1).

Cette observation me paraît fondamentale, elle constitue une expérience naturelle dont les résultats ont une haute portée.

Il s'agit ici, en effet, d'arbres adultes, on ne peut donc accuser la faiblesse due au trop jeune âge. Ces arbres étaient trop grands pour être broutés ou abîmés par les animaux et l'homme ne les a pas brûlés. Enfin les avalanches ne les ont pas brisés ou arrachés. Ils ont continué à végéter plusieurs années sur le sol même où ils étaient nés, on ne peut donc invoquer des ruptures irréparables de l'appareil radiculaire au moment du glissement. Le dépérissement qui les atteint est essentiellement graduel, il ne peut donc provenir que d'une action lente, non immédiatement nocive, mais dont le renouvellement est à la fin fatal. Or cette cause ne peut être que la situation nouvelle que les arbres occupent maintenant ; ils sont descendus d'une crête ou d'une pente élevée dans un bas-fond. Sur les crêtes les autres arbres restés en place continuent à prospérer quoiqu'ils soient situés un peu au-dessus de 1800 m. ; les autres meurent parce que descendus dans les bas-fonds.

Après ce que nous avons dit plus haut on comprend que le séjour des neiges, nul ou bref sur les crêtes, prolongé au contraire sur les bas-fonds, donne l'explication directe très simple de cette apparente anomalie. Ce sont les neiges qui gênent, maintenant beaucoup plus qu'autrefois, la croissance de ces arbres et détermine leur élimination finale.

Et si des plantations spontanées d'arbres adultes sont destinées ainsi à périr toujours dans ces bas-fonds, c'est que, à ce niveau du moins, la forêt *continue* ne pourra jamais s'établir.

Les bouquets que l'on rencontre au-dessus (à plus de 1800 m.) représentent une végétation exceptionnelle qui ne peut vivre que sur les crêtes. Mais la vraie limite de la sylve est celle où les arbres forment un ensemble continu occupant les bas-fonds aussi bien que les crêtes. Cette limite réelle de la forêt est, pour les Sapins *(Abies pectinata)* sensiblement à 1800 m. sur le versant nord des Pyrénées.

---

(1) Hount-Blanco, Bizourtère, Cinq-Ours, Barassé, Coume-de-Pourteilles, Grisolles, Bastan, Estibère, Caubère, Mariande, Coste-Houillère, etc.

En écrivant ces lignes, je sais que je vais à l'encontre d'opinions très arrêtées, mais après les observations renouvelées et contrôlées pendant vingt-cinq ans de courses dans les Pyrénées, je crois avoir le droit et le devoir d'exprimer la certitude que j'ai acquise et qui résulte, non d'études préconçues, mais de la vue directe et répétée des faits eux-mêmes.

Degré de généralisation et exceptions. — Les règles de répartition reconnues ici sont vraiment générales. Ces règles souffrent pourtant quelques exceptions, rares du reste, et à cause de cela bien dignes d'intérêt. On pourra observer, et on observe quelquefois en effet que des pentes dont la convexité est peu marquée sont seulement garnies de gazon, sans plantes ligneuses ; et inversement on voit aussi des pentes concaves occupées parfois par des touffes de Rhododendron et autres arbustes. Cette dernière exception devient spécialement intéressante quand il s'agit non de simples dépressions, mais de véritables bas-fonds et que l'on trouve ces bas-fonds plus ou moins garnis d'une abondante végétation ligneuse (Rhododendron, *Sorbus,* etc.). On remarque alors que le sol où elle pousse est très perméable et très fissuré ; il est très différent par conséquent des terrains constituant d'ordinaire les dépressions. Ce fait exceptionnel nous fait donc avancer d'un pas nouveau dans les causes profondes de la répartition des végétaux, mais ils appartient aux physiologistes d'en donner l'interprétation rationnelle.

Conclusions. — 1° La répartition des végétaux dans les régions élevées des montagnes est fortement influencée par le relief du sol et par la durée du séjour des neiges en rapport avec ce relief. A une même altitude, à une même exposition et sur des terrains de même nature, la végétation est *xérophile* sur les crêtes avec des plantes ligneuses et herbacées ; tandis qu'elle est essentiellement *hygrophile* dans les bas-fonds avec plantes uniquement herbacées. Entre ces cas extrêmes existe une végétation intermédiaire, dont la nature est également en rapport direct avec le modelé du terrain, en relief ou en creux.

2° La flore uniquement herbacée des dépressions où séjourne longtemps la neige est formée par un curieux mélange de plantes alpines et de plantes de la plaine, toutes *hygrophiles* du reste.

3° La limite supérieure des forêts est directement réglée par ces influences, c'est-à-dire par le relief du sol. Les arbres sont toujours à une plus haute altitude sur les crêtes que sur les bas-fonds. Jamais par exemple, l'*Abies pectinata* ne monte au-dessus de 1800 m. si ce n'est sur les crêtes. La limite de la forêt *continue* pour cette essence est donc de 1800 m., et non au-dessus.

4° Comme conséquence pratique il est absolument inutile d'essayer de reconstituer la forêt de Sapins au-dessus de 1800 m., sur le versant nord des Pyrénées.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(suite)

Il résulte de ces nouvelles cultures faites en présence de glucose que les Radis cultivés en l'absence complète d'azote ont encore un poids sec plus élevé que ceux cultivés dans les milieux qui renferment de l'azote sous forme d'amygdaline. La présence du glucose, en permettant d'obtenir des plantes plus vigoureuses, n'a eu pour résultat que de mettre plus nettement encore en évidence l'influence nocive qu'exerce l'amygdaline sur le développement du Radis.

Une troisième expérience a été faite en employant la première technique, qui permet aux parties aériennes des plantes de se développer à l'air libre. Dans ces conditions, les plantes sont beaucoup plus vigoureuses que lorsque la culture se fait en tubes fermés au coton ; les individus développés à l'air libre en milieu ne renfermant pas de glucose sont même de beaucoup plus vigoureux que ceux qui se développent en tubes fermés au coton dans un milieu renfermant du glucose. On a utilisé un substratum de pierre ponce.

Le milieu de culture employé a été le milieu de Molliard sans glucose et ce même milieu additionné de 1 p. 1000 d'amygdaline.

La durée des cultures a été d'un mois. Les poids secs des plantes récoltées sont réunis dans le tableau suivant.

TABLEAU VIII

ÉTUDE DU RÔLE DE L'AMYGDALINE CONSIDÉRÉE COMME ALIMENT AZOTÉ POSSIBLE POUR LE RADIS

MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL ET SANS AMYGDALINE	MILIEU SANS AZOTE MINÉRAL ADDITIONNÉ DE 1 P. 1000 D'AMYGDALINE
0, 161	0,125
0, 156	0,113
0, 127	0,096
0, 122	»
POIDS MOYENS	
0,141	0,111
AUGMENTATION MOYENNE SUBIE PAR LES PLANTES	
0,132	0,102

Dans ces cultures, faites dans des conditions différentes des précédentes, les Radis cultivés en l'absence d'azote ont encore un poids sec plus élevé que ceux qui renferment de l'azote sous forme d'amygdaline.

La conclusion qui se dégage des résultats de ces trois groupes de cultures est la suivante :

L'amygdaline mise à la disposition des racines du Radis, en l'absence d'autre source d'azote, exerce sur cette plante une action toxique. Il ne semble donc pas possible, en opérant sur le Radis, de faire absorber le glucoside par les racines, ni par conséquent d'en étudier l'évolution à l'intérieur des tissus, et en particulier le rôle possible comme aliment azoté.

2. — L'amygdaline peut-elle être absorbée et utilisée comme aliment carboné par le Radis ?

Deux groupes de cultures ont été effectués, l'un en tubes fermés au coton, l'autre en tubes fermés avec des bouchons de caoutchouc. Les résultats réunis dans la moitié droite du tableau VI auraient pu déjà nous fournir des renseignements sur ce dernier point. Les différences moyennes entre les individus cultivés en tubes fermés, d'une part en l'absence complète d'azote, d'autre part, en présence de 0,25 p. 1000, 0,50 p. 1000 et 1 p. 1000 d'amygdaline sont de l'ordre des différences individuelles; il ne semble donc pas que, dans les conditions où l'expérience a été faite, l'amygdaline puisse être considérée comme aliment carboné. Toutefois, l'absence d'azote minéral dans les milieux de culture pourrait avoir une influence sur l'utilisation du glucoside comme aliment carboné ; il était donc nécessaire de faire de nouvelles cultures dans des milieux où les plantes pussent trouver tous les éléments minéraux qui leur sont nécessaires.

TABLEAU IX

ÉTUDE DU ROLE DE L'AMYGDALINE CONSIDÉRÉE COMME ALIMENT CARBONÉ POUR LE RADIS

TUBES FERMÉS AU COTON				TUBES FERMÉS PAR UN BOUCHON			
Durée de l'expérience : 2 mois.				Durée de l'expérience : 1 mois et demi.			
LIQUIDE DE KNOP	LIQUIDE DE KNOP AVEC 0,25 p. 1000 d'Amygdaline	LIQUIDE DE KNOP AVEC 0,50 p. 1000 d'Amygdaline	LIQUIDE DE KNOP AVEC 1 p. 1000 d'Amygdaline	LIQUIDE DE KNOP	LIQUIDE DE KNOP AVEC 0,25 p. 1000 d'Amygdaline	LIQUIDE DE KNOP AVEC 0,50 p. 1000 d'Amygdaline	LIQUIDE DE KNOP AVEC 1 p. 1000 d'Amygdaline
0,065	0,040	0,049	0,042	0,022	0,018	0,019	0,016
0,059	0,037	0,047	0,041	0,020	0,016	0,016	0,015
0,055	0.035	0,040	0,029	0,020	0,016	0,015	0,012
0,052	0.031	0,037	0,022	0,015	0,015	0,012	»
0,048	»	»	»	0,015	0,015	0,011	»
0,033	»	»	»	0,014	»	»	»
»	»	»	»	0,013	»	»	»
POIDS MOYENS				POIDS MOYENS			
0,052	0,036	0,043	0,033	0,017	0,016	0,015	0,014
AUGMENTATIONS MOYENNES SUBIES PAR LES PLANTES				AUGMENTATIONS MOYENNES SUBIES PAR LES PLANTES			
0,043	0,027	0,034	0,024	0,008	0,007	0,006	0,005

Les résultats obtenus dans ces nouvelles cultures relatifs au poids sec des plantes récoltées dans les divers milieux sont réunis dans le tableau ci-dessus. Le milieu nutritif employé a été le liquide de

Knop, les cultures ont été faites en suivant la troisième technique, le substratum étant constitué par de la pierre ponce.

Les résultats obtenus dans les nouvelles cultures faites en tubes fermés au coton confirment ceux qui ont été obtenus dans les cultures précédentes. La présence d'amygdaline dans le milieu de culture où croissent les Radis, et contenant tous les éléments minéraux nécessaires au bon développement de la plante exerce encore une action nuisible sur la croissance de cette dernière. Les individus développés en présence d'amygdaline forment une quantité de substance sèche sensiblement moins grande que celle qu'ils produisent en l'absence de ce glucoside.

Les résultats obtenus dans les cultures faites en tubes fermés à l'aide d'un bouchon, c'est-à-dire dans des conditions telles que les plantes n'ont pas d'autre source de carbone que celles qui se trouvent dans la graine et dans le milieu de culture, montrent que les Radis ne tirent aucun profit de l'amygdaline qui leur est fournie.

La conclusion qui se dégage des résultats de cette série de cultures est la suivante :

L'amygdaline mise à la disposition des racines du Radis, en même temps que les diverses substances minérales qui sont nécessaires au développement de cette plante, exerce sur cette plante une action toxique. Il ne semble donc pas possible, dans ces nouvelles conditions, de faire absorber le glucoside par les racines du Radis, ni par conséquent d'en étudier le rôle possible comme aliment carboné.

B. — Deuxième série de cultures. — 1912.

L'amygdaline peut-elle être absorbée et utilisée par le *Vicia macrocarpa* et le *Vicia sativa* ?

Les mêmes considérations qui, en 1912, m'ont amené à rechercher si les saponines, qui exercent une action nocive sur les plantes ne produisant pas normalement ces glucosides, agissent de la même manière sur les espèces qui élaborent ces substances, m'ont conduit à effectuer des recherches analogues à propos de l'amygdaline.

J'ai entrepris une série de cultures comparatives en milieu nutritif dépourvu ou additionné d'amygdaline en opérant non plus sur le Radis mais sur deux plantes qui normalement contiennent, au moins dans leur graine, un glucoside voisin de l'amygdaline et susceptible de fournir comme cette dernière du glucose et de l'acide cyanhydrique lorsqu'on l'hydrolyse. Ces deux plantes sont le *Vicia macrocarpa* et le *Vicia sativa*.

Ritthausen et Kreusler (1) avaient constaté la possibilité d'obtenir de l'acide cyanhydrique en opérant sur des graines de *Vicia* originaires de Grèce ou récoltées en Allemagne. D'autre part, la présence d'un composé cyanogénétique a été mise en évidence par Bruyning et Van Haarst (2) dans les graines de plusieurs espèces de *Vicia : Vicia sativa* (plusieurs variétés), *V. canadensis, V. hirsuta, Vicia angustifolia*. Celles de *Vicia sativa* lui ont donné 0^{g},008 d'acide cyanhydrique par kilogramme et celles de *Vicia angustifolia* 0^{g}, 054. Guignard (3) a montré que les graines de *Vicia macrocarpa* peuvent également fournir de l'acide cyanhydrique dans la proportion de 0^{g}, 30 par kilogramme. G. Bertrand et Mallèvre (4) ont obtenu 0^{g}, 675 d'acide cyanhydrique par kilogramme en opérant sur des graines de plusieurs espèces de *Vicia* indéterminées.

G. Bertrand (5) a extrait des graines de *Vicia angustifolia* Roth. un glucoside cyanogénétique nouveau auquel il a donné le nom de vicianine. 100 grammes de graines fournissent 0, 9 au moins de vicianine. Ce glucoside renferme 3,2 $^{\circ}/_{0}$ d'azote entièrement libérable par l'émulsine sous forme d'acide cyanhydrique. Les graines de *Vicia angustifolia* étudiées pouvaient ainsi fournir environ 0, 750 d'acide cyanhydrique par kilogramme.

Enfin, G. Bertrand et L. Rivkind (6), recherchant la vicianine dans plusieurs autres espèces de *Vicia* ainsi que dans un grand nombre de plantes appartenant à quarante genres de la même famille ont constaté que seul le genre *Vicia* renferme des espèces produisant le glucoside cyanogénétique. En outre de l'espèce *Vicia angustifolia* dans les graines de laquelle G. Bertrand avait découvert la vicianine, les graines du *Vicia macrocarpa*, où Guignard avait signalé la présence d'un glucoside cyanogénétique, a pu fournir par kilogramme 1g,20 de vicianine. Enfin, le *Vicia sativa* semble également contenir le glucoside mais en proportion très faible.

---

(1) Ritthausen et Kreusler. *(Journ. f. prakt. Chemie,* N° 5, *T. II*, pp. 333-338, 1870).

(2) Bruyning et Van Haarst. Sur l'acide cyanhydrique des graines du genre *Vicia. (Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas et de la Belgique*, T. XVIII, pp. 468-471, 1899).

(3) L. Guignard. Le Haricot à acide cyanhydrique *(Phaseolus lunatus* L.). Etude historique, botanique et chimique. Nouveau procédé pour déceler l'acide cyanhydrique. *(Bulletin des Sciences pharmacologiques*, T. XIII, p. 346, 1906).

(4) G. Bertrand et Mallèvre. *(Bulletin des séances de la Soc. nat. d'Agr. de France*, N° 4, p. 348, 1906).

(5) G. Bertrand. La vicianine, nouveau glucoside cyanhydrique contenu dans les graines de Vesce. *(C. R. de l'Ac. des Sc.*, T. *CXLIII*, pp. 832-834, 1906).

(6) G. Bertrand et L. Rivkind. Sur la répartition de la vicianine et de sa diastase dans les graines de Légumineuses. *(C. R. de l'Ac. des Sc.*, T. CXLIII, pp. 970-972, 1906).

Les cultures de *Vicia macrocarpa* et de *Vicia sativa* ont été faites en employant la première technique, qui comporte le développement des racines en milieu aseptique et le développement des parties aériennes à l'air libre. Il n'a pas été employé de substratum ; les racines croissaient donc librement dans un liquide limpide de façon qu'il était possible de suivre l'action des milieux employés sur le développement de ces organes. Les graines ont été stérilisées au moyen du bichlorure de mercure. Le semis a été fait le 15 juin.

Une série de cultures a été entreprise comparativement dans le liquide de Knop et dans ce liquide additionné d'amygdaline. Les plantes se développaient donc dans un milieu où elles trouvaient tous les éléments minéraux qui leur étaient nécessaires, y compris l'azote ; les racines d'une partie des individus se trouvaient de plus en présence d'amygdaline dans la proportion de 2 gr. pour 1000 c.c. de liquide de Knop.

Cette série de cultures devait servir à déterminer si l'amygdaline est absorbée par les plantes à glucoside cyanogénétique croissant dans des conditions aussi normales que possible et si le glucoside exerce sur ces plantes une influence utile, nulle ou nuisible.

Le dosage de l'amygdaline dans les milieux avant et après les cultures devait permettre de déterminer si le glucoside est absorbé.

Quant à l'influence possible exercée par l'amygdaline, elle devait être mise en évidence : 1° par l'étude de la morphologie externe des plantes développées en l'absence d'amygdaline et en présence de ce corps, 2° par la détermination du poids sec des plantes récoltées à la fin des cultures.

Un lot de *Vicia sativa* a été cultivé en même temps dans le milieu de Knop additionné de glucose dans la proportion de 2 gr. de glucose pour 1000 c.c. de liquide, c'est-à-dire dans une proportion semblable à la proportion d'amygdaline dans le milieu renfermant ce glucoside. Cette série de cultures a été entreprise en même temps que les cultures en liquide de Knop et en liquide de Knop additionné d'amygdaline, de façon à pouvoir comparer : 1° l'influence qu'exercent d'une part, l'amygdaline et, d'autre part, le glucose sur la morphologie des plantes et sur la production de substance sèche ; 2° les quantités de glucoside et de glucose absorbées dans le même temps par la même espèce végétale.

Dès le début du développement, j'ai pu constater une influence spéciale de l'amygdaline sur la forme des racines des *Vicia*. Les individus qui se développaient dans le liquide de Knop et dans ce liquide additionné de glucose présentaient des racines normales, tandis que ceux qui croissaient dans le liquide de Knop additionné d'amygdaline formaient des racines plus grosses, s'allongeant lentement, d'épaisseur irrégulière, contournées, et plus ou moins coralloïdes. Des racines adventives naissaient en grand nombre à la base de la tige et prenaient bientôt le même aspect coralloïde que la racine principale et ses radicelles. L'appareil aérien a montré peu de temps après le semis un retard dans son développement chez ces dernières plantes ; les feuilles ont commencé à sécher de bonne heure, puis à tomber, tandis que les individus comparables cultivés dans le liquide de Knop et dans ce liquide additionné de glucose étaient encore en pleine vigueur. La récolte de toutes les plantes en culture a été faite au bout de peu de temps à cause du dépérissement rapide des plantes cultivées en présence d'amygdaline ; elle a eu lieu le 25 Juillet, c'est-à-dire après 40 jours de culture.

On peut se rendre compte par l'examen des quatre premières photographies de la planche 14, des différences existant entre les lots de *Vicia sativa* cultivés dans le liquide de Knop (première et seconde figures à partir de la gauche) et dans ce liquide additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline (troisième et quatrième figures). Au moment de la récolte, il n'existait pas de différence morphologique très grande entre les plantes cultivées en liquide de Knop et en liquide de Knop sucré. La seule qui ait été constatée est la tendance plus grande des individus en milieu sucré à ramifier leur tige. Par contre la différence extérieure existant à ce moment entre les plantes développées en liquide de Knop et en liquide de Knop additionné d'amygdaline était très sensible. Tandis que les premières étaient encore très vigoureuses et présentaient un appareil radiculaire très développé, les secondes avaient perdu la plupart de leurs feuilles (1), dépérissaient très rapidement et présentaient un appareil radiculaire anormal et tellement réduit qu'il est invisible sur les photographies.

Dans une deuxième série de cultures, les mêmes plantes se sont développées d'une part dans le liquide nutritif de Molliard (dépourvu d'azote) et d'autre part dans ce liquide additionné d'amygdaline dans la proportion de 2 p. 1000. En présence de ces deux milieux, les plantes ont cessé de se développer de très bonne heure (voir les quatre derniers individus représentés dans la planche 14) et n'ont jamais présenté entre elles de différences très sensibles. Cette série de cultures avait pour but de rechercher si des *Vicia* n'ayant d'azote à la disposition de leurs racines que sous la forme d'amygdaline sont susceptibles d'absorber ce glucoside et de prendre ainsi un développement plus grand que des individus placés en inanition complète au point de vue de l'azote.

Les semis avaient eu lieu le 15 juin ; les récoltes furent faites le 15 juillet, c'est-à-dire après 30 jours de culture. A ce moment tous les individus dépérissaient rapidement. La 5e et la 6e plante figurées sur la planche 14 ont été cultivées en liquide de Molliard, la 7e et la 8e l'ont été dans ce liquide additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline ; chez toutes ces plantes les racines ont cessé de bonne heure de se développer et sont invisibles sur les photographies ; les tiges feuillées se sont allongées un peu plus dans le milieu additionné de glucoside que dans celui qui en est dépourvu, mais dans les deux lots de plantes le développement s'est arrêté en même temps et de très bonne heure.

Les individus récoltés dans ces deux groupes d'expériences servirent à la mesure du poids de la substance sèche formée au cours de la culture. Les milieux de culture ayant été additionnés de glucose ou d'amygdaline furent analysés de façon à déterminer la teneur en sucre ou en glucoside du milieu contenu dans chaque flacon à culture. La quantité de ces composés existant dans chacun de ces flacons avant l'expérience ayant été préalablement déterminée par l'analyse des milieux au moment de leur introduction dans les flacons à culture, il devenait facile par différence de déterminer si une partie du sucre ou du glucoside ayant été au contact des racines pendant le développement des plantes avait été absorbée par ces dernières.

---

(1) Les feuilles perdues par chaque plante ont été recueillies à mesure qu'elles tombaient et séchées à 105°, de façon qu'il soit possible d'ajouter leur poids sec à celui des plantes correspondantes au moment de la récolte.

Le glucose fut dosé avant et après l'expérience à l'aide de la méthode de Bertrand. L'amygdaline fut dosée en hydrolysant le glucoside au moyen de l'émulsine et en déterminant la quantité de glucose formé. En rapportant les résultats trouvés avant les cultures aux quantités de liquides introduites dans chaque flacon, et en rapportant d'autre part les résultats trouvés après les cultures aux quantités de liquides restant dans ces flacons, on déterminait ainsi le poids de substance existant dans chaque récipient avant et après les cultures; on calculait par différence la quantité de substance disparue au cours des cultures.

Les résultats obtenus dans cette partie des recherches sont réunis dans le tableau ci-après.

Toutes les graines de chacune des espèces expérimentées avaient été pesées avant les semis et on n'avait utilisé que celles qui ne présentaient pas entre elles de différences de poids supérieures à 10 mg., pour les graines de *Vicia macrocorpa* et à 5 mg. pour celles de *Vicia sativa*.

Le poids sec d'une graine de *Vicia macrocarpa*, déterminé d'après le poids sec de 100 graines est de 0,061, celui d'une graine de *Vicia sativa*, déterminé de la même manière est de 0,045.

Si, dans le tableau suivant, nous considérons tout d'abord le poids de la substance sèche de chaque plante au moment de la récolte, et il est facile d'établir d'après ce poids la quantité de la substance sèche formée au cours de la culture, il suffit pour cela de soustraire de ce poids, celui d'une graine, nous en déduisons les faits suivants :

TABLEAU X

ETUDE DE L'ABSORPTION DE L'AMYGDALINE PAR LE *VICIA MACROCARPA* ET LE *VICIA SATIVA*

NOM DE LA PLANTE	TEMPS DE CULTURE	COMPOSITION DU MILIEU DE CULTURE	N° du FLACON A CULTURE	POIDS SEC DE LA PLANTE	AMYGDALINE AVANT LA CULTURE	AMYGDALINE APRÈS LA CULTURE	DIFFÉRENCE DANS LA QUANTITÉ d'Amygdaline
Vicia macrocarpa	40 jours	Liquide de Knop	N° 1	0,460			
			2	0,373			
			3	0,346			
			Moyenne	**0,393**			
		Liquide de Knop addition. de 2 p. 1000 d'amygdaline	4	0,168	1,655	1,604	— 0,051
			5	0,161	1,646	1,590	— 0,056
			6	0,146	1,649	1,598	— 0,051
			Moyenne	**0,158**			
	30 jours	Liquide de Molliard (sans azote)	7	0,074			
			8	0,060			
			9	0,056			
			10	0,049			
			Moyenne	**0,060**			
		Liquide de Molliard (sans azote) addition. de 2 p. 1000 d'amygdaline	11	0,091	1,672	1,660	— 0,012
			12	0,071	1,665	1,654	— 0,011
			13	0,050	1,650	1,630	— 0,020
			Moyenne	**0,071**			
Vicia sativa	40 jours	Liquide de Knop	14	0,247			
			15	0,240			
			16	0,231			
			17	0,208			
			18	0,186			
			Moyenne	**0,222**			
		Liquide de Knop additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline	19	0,115	1,642	1,604	— 0,038
			20	0,088	1,647	1,610	— 0,037
			21	0,080	1,645	1,612	— 0,033
			22	0,046	1,644	1,598	— 0,046
			Moyenne	**0,082**			
	30 jours	Liquide de Molliard (sans azote)	23	0,039			
			24	0,035			
			25	0,034			
			Moyenne	**0,036**			
		Liquide de Molliard (sans azote) addition. de 2 p. 1000 d'amygdaline	26	0,069	1,706	1,682	— 0,024
			27	0,068	1,714	1,680	— 0,034
			28	0,043	1,684	1,680	— 0,004
			29	0,038	1,685	1,681	— 0,004
			Moyenne	**0,054**			
					GLUCOSE AVANT LA CULTURE	GLUCOSE APRÈS LA CULTURE	DIFFÉRENCE DANS LA QUANTITÉ DE GLUCOSE
	40 jours	Liquide de Knop additionné de 2 pour 1000 de glucose	30	0,407	2,049	1,853	— 0,196
			31	0,366	2,040	1,825	— 0,215
			32	0,294	1,965	1,816	— 0,149
			33	0,174	1,936	1,814	— 0,122
			Moyenne	**0,310**			

1° Les *Vicia macrocarpa* cultivés en liquide de Knop additionné d'amygdaline dans la proportion de 2 p. 1000 ont acquis un poids sec de beaucoup inférieur à celui des témoins cultivés en milieu de Knop non additionné d'amygdaline.

Le poids sec moyen des premières plantes est de 0, 158 et celui des secondes est de 0, 393, ce qui correspond à une élaboration de 0, 097 de substance sèche au cours de la culture pour les premières et de 0, 332 pour les secondes.

Les *Vicia sativa* se sont comportés de la même manière ; le poids sec moyen des plantes cultivées en présence d'amygdaline est de 0, 082 et celui des témoins cultivés en l'absence de ce glucoside est de 0, 222, ce qui correspond à une élaboration de 0, 037 de substance sèche au cours de la culture pour les premières et de 0, 177 pour les secondes.

Si l'on rapproche de ces faits l'action très intense exercée par les milieux renfermant de l'amygdaline sur la morphologie de la racine, on est en droit de conclure à une action nettement toxique de l'amygdaline sur les plantes étudiées.

Remarquons de plus que tandis que la présence d'amygdaline dans le milieu de culture a déterminé un abaissement du taux moyen de la substance sèche produite en un temps donné, la présence de glucose à la même concentration (2 p. 1000) a au contraire provoqué une augmentation très notable de ce taux. Le poids sec moyen d'une graine de *Vicia sativa* étant 0, 045, le poids sec moyen des plantes développées dans le liquide de Knop étant 0, 222 et celui des plantes développées dans ce liquide additionné de 2 p. 1000 de glucose étant 0, 310, il y a donc eu élaboration de 0, 177 de substance sèche en moyenne pour les témoins cultivés dans le premier milieu et de 0, 265 pour les plantes cultivées dans le second.

2° Les *Vicia macrocarpa* cultivés en liquide de Molliard dépourvu d'azote et dans ce liquide additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline n'ont subi qu'une augmentation très faible ou nulle de leur substance sèche au cours de la culture ; en effet le poids sec moyen d'une graine est 0, 061, celui des plantes cultivées dans le premier milieu est 0, 060, et celui des plantes cultivées dans le second est 0, 071.

En ce qui concerne les *Vicia sativa* cultivés dans les mêmes milieux, on constate une diminution de la substance sèche pour les individus cultivés en liquide de Molliard dépourvu d'azote (poids sec moyen d'une graine 0, 045, poids sec moyen d'une plante 0,036) et une faible augmentation pour les individus cultivés en présence d'amygdaline (poids sec moyen d'une plante 0, 054).

La différence existant entre le poids moyen de la substance sèche en milieu renfermant de l'amygdaline et en milieu n'en contenant pas est extrêmement faible pour le *Vicia macrocarpa,* 0,010 et un peu plus élevée pour le *Vicia sativa,* 0, 018. Si l'on tient compte de la différence de poids existant entre les graines d'un même lot (au maximum 10 milligrammes pour les graines de *Vicia macrocarpa* et 5 milligrammes pour les graines de *Vicia sativa)* et de la vigueur différente des plantes provenant de ces graines de poids non semblables, on est amené à considérer ces différences de poids sec dans les deux lots de plantes comme négligeables et à les attribuer à des différences individuelles.

(A suivre)

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

SALUSTIO ALVARADO. — **Plastosomas y leucoplastos en algunas Fanerogamas.** (Plastosomes et leucoplastes chez quelques Phanérogames. Avec une planche et 14 figures dans le texte). *(Trabajos del Museo nacional de Ciencias naturales.* Séria Botanica, nº 13, Madrid, 1918).

Les recherches de l'auteur ont porté principalement sur la racine du *Cicer arietinum.* Il a employé tous les procédés de la technique histologique moderne. On peut résumer ainsi les résultats auxquels il est arrivé.

Les plastosomes possèdent une individualité bien caractérisée qu'ils ne perdent pas quand ils s'unissent en filaments, et lorsque ces filaments se segmentent, ce sont les plastosomes constituants eux-mêmes qui redeviennent libres.

Quand ils se différencient en leucoplastes, c'est sans changer de forme mais par une modification chimique qui permet alors de les colorer par la méthode du tannin. Cette différenciation peut se produire chez les plastosomes restés toujours libres ou ceux qui se sont associés déjà en filaments ; mais dans ce cas, le filament se fragmente en ses éléments formateurs et la modification ne se produit ainsi que chez des plastosomes isolés.

Cette modification chimique se produit, soit dans un méristème, soit dans un parenchyme bien différencié, mais dans le premier cas, et en général dans toute cellule à vie intense, le phénomène peut avoir lieu sur des plastosomes de n'importe quelle région de la cellule, tandis que dans le second, c'est seulement dans ceux qui sont voisins du noyau ; en outre, ceux qui sont périnucléaires augmentent de volume beaucoup plus rapidement que les autres.

Le nombre des leucoplastes d'une cellule n'augmente pas par division, mais par transformation chimique d'autres mitochondres.

La théorie de Schimper sur l'origine des plastides doit être légèrement modifiée en ce sens que les leucoplastes ne proviennent pas d'autres leucoplastes préexistants, mais de plastosomes, granulations qu'il ne pouvait apercevoir.

Les leucoplastes qui apparaissent à la germination de la graine ne proviennent pas, comme on l'a cru, de ceux qui se sont formés durant la maturation de celle-ci, mais, ainsi que Guilliermond l'a démontré, ils sont de nouvelles formations et dérivent de plastosomes par modification chimique.

L'amidon peut prendre naissance, par modification chimique, dans un plastosome ou dans un leucoplaste, et cela en une région quelconque de la cellule s'il s'agit d'une cellule très jeune et d'une grande vitalité ; mais dans les grandes cellules parenchymateuses, c'est seulement dans les leucoplastes périnucléaires.

La transformation du mitochondre ou du leucoplaste en un grain d'amidon a lieu totalement et on ne constate jamais la formation d'une vésicule quelconque.

Léon Dufour

John N. Kendall. — **Abcission of flowers and fruits in the *Solanaceæ*, with special reference to *Nicotiana*** *(Univ. California publ. in Botany,* vol. 5, n° 12, March 1918).

Tandis que l'exfoliation est précédée de la mort des tissus qui doivent se séparer, l'autotomie se produit au niveau de cellules vivantes par dissolution de la lamelle moyenne. C'est ce dernier processus qu'a étudié J. N. Kendall.

Il a mis en évidence, à la base d'un entre-nœud de la hampe chez diverses Solanacées, une couche de cellules spéciales qui, au moment de la rupture, deviennent turgescentes. Ces cellules, probablement grâce à la sécrétion d'une diastase hydrolysante, transforment la pectose de leur lamelle moyenne en une pectine soluble. L'organe se sépare alors de son point d'attache. Ce phénomène peut être causé par divers facteurs :

Facteurs directs	1. Vapeurs narcotiques.
	2. Blessure aux organes floraux (particulièrement à l'ovaire).
	3. Élévation brusque de température.
	4. Absence de pollinisation.
Facteurs indirects	5. Changements dans la nature du sol.
	6. Modifications dans les facteurs physiologiques.

La conclusion à laquelle arrive l'auteur est que l'autotomie est fondamentalement un problème physiologique dont la solution est tout entière contenue dans la biochimie de la cellule.

M. Denis

Scott D. H. — **On *Medullosa pusilla*.** *(Proceedings of the Royal Society,* B., vol. 87, pp. 221-228, pl. 13 ; 2 text-figures ; 1914).

On sait que les *Medullosa* sont les tiges de certaines Ptéridospermées. Le Houiller inférieur du Lancashire a fourni *M. anglica* antérieurement étudié par M. Scott et *M. pusilla,* bien voisin du précédent, mais qui se distingue surtout par ses dimensions relativement plus petites.

La tige du *Medullosa pusilla* Scott, y compris les bases décurrentes des pétioles qui l'entourent, ne mesure que 2 centimètres de diamètre ; elle possède 3 stèles ; les faisceaux qui se rendent aux feuilles n'ont, à leur origine, que peu de bois secondaire ou en sont dépourvus. Les bases des pétioles présentent un hypoderme peu épais, constitué par une ou parfois deux séries de cordons scléreux ; leur structure ressemble à celle du *Myelopteris Landriotii* var. α de Renault.

Il est probable qu'au *Medullosa anglica* se rapportait le feuillage de l'*Alethopteris lonchitica* et il est possible que le *Medullosa pusilla* avait pour frondes celles de l'*Alethopteris decurrens* ; ces deux espèces sont répandues également dans le Westphalien inférieur.

M. Lotsy a proposé de classer les *Medullosa* en 2 groupes ; celui des *Pecopteromedullosa* à système de stèles relativement simple et à feuillage du type *Alethopteris* ; celui des *Neuromedullosa*, à système complexe de stèles et à frondes de g. *Neuropteris*. M. Scott ne croit pas cette distinction justifiée dans l'état actuel de la science. A. CARPENTIER

KIDSTON R. and LANG W. H. — **On the Old Red Sandstone plants showing structure, from the Rhynie chert bed, Aberdeenshire.** *(Transactions of the Royal Society of Edinburg*, Vol. LI, part III, nº 24, pp. 761-784, pl. I-X, 2 text-figures ; February 1917).

Le *Vieux grès rouge* d'Ecosse, à Rhynie (Aberdeenshire), offre un niveau remarquable par la présence de *cherts* ou silex contenant des végétaux à structure conservée. Certaine plante, pour laquelle MM. Kidston et Lang ont créé le genre *Rhynia*, fait l'objet de cette note.

Les *Rhynia* vivaient en association très dense ; le terreau sur lequel elles poussaient est formé des débris de leurs tiges à tous les stades de décomposition ; les sols de végétation étaient périodiquement recouverts par des eaux chargées de silice. L'organe végétatif consistait en une tige grêle sans feuilles, ni racines ; sa région souterraine ou rhizome était fixée au sol par de nombreux *rhizoïdes* et émettait des axes aériens. La tige se ramifiait à la fois par dichotomie et par le développement de protubérances latérales, éparses à sa surface, et d'origine corticale. Par l'absence de racines, par leurs rhizomes grêles, par la structure xérophytique de leurs axes aériens, les *Rhynia* rappellent les *Psilotum* actuels. Les coupes de la tige aérienne montrent un épiderme à cuticule épaisse, une écorce bien développée, un cylindre central simple, à cordon ligneux axial, entouré d'une zone de liber.

Les *Rhynia* portaient, à l'extrémité de certains rameaux, des sporanges cylindriques, de grande taille (12 $^{m}/_{m}$), à paroi épaisse ; les spores étaient nombreuses, d'une seule sorte.

Cette plante, dont on connaît parfaitement le mode de vie et l'organisation, a été comparée, par MM. Kidston et Lang, aux *Psilophyton princeps* et *Ps. ornatum* de Dawson et rangés par eux dans une nouvelle classe de Cryptogames vasculaires, la classe des Psilophytales, caractérisée par la naissance et la situation des sporanges à l'extrémité de rameaux, sans aucun rapport avec des organes foliaires ou des sporophylles. Dans cette classe nouvelle, constituée par deux genres, les *Psilophyton* diffèrent des *Rhynia* par la présence d'épines sur leurs tiges et la fréquence des divisions dichotomiques. A. CARPENTIER

KIDSTON R., CANTRILL T. C., and DIXON E. E. L. — **The Forest of Wyre and the Titterstone Clee Hill coal fields.** *(Transactions of* *the Royal Society of Edinburg;* vol. LI, part IV, n° 27 ; pp. 999-1084 ; pl. I-V ; 6 text-figures ; March 1917).

Ce travail compte deux parties : 1° l'étude géologique et paléontologique du bassin houiller de la Forêt de Wyre (Angleterre), lequel s'étend de Bridgnorth sur la Severn jusqu'à Bewdley (Worcestershire) ; 2° l'étude stratigraphique et paléontologique du bassin houiller dit de « Clee Hill » ou de « Titterstone Clee », à l'Ouest et dans le voisinage du précédent.

De la paléontologie végétale, traitée par M. Kidston, signalons d'abord un nouveau gisement pour le *Cingularia typica* Weiss et une espèce nouvelle : *Cingularia Cantrilli.*

Les *Cingularia*, dont les affinités paraissent complexes, avaient des tiges articulées et costulées comme les *Calamites*, des feuilles verticillées, uninerviées, ressemblant à celles du genre *Asterophyllites.* Dans l'espèce autrefois décrite par Weiss, les cônes étaient constitués par des verticilles superposés, dont chacun comprenait deux verticilles : l'un supérieur, stérile, l'autre, inférieur et fertile. Le verticille stérile entourait l'axe d'une collerette discoïdale, dont les dents marginales correspondaient à autant de bractées ; les sporangiophores, au nombre de 10 à 12, concrescents jusqu'en leur milieu, formaient autour de l'axe une collerette aplatie discoïdale ; leur portion distale bilobée portait à sa face inférieure 4 sporanges ; il y avait en tout deux rangées concentriques de sporanges.

Le *Cingularia Cantrilli* diffère surtout de l'espèce de Weiss par l'absence complète de verticilles de bractées stériles.

M. Kidston, à propos de plusieurs empreintes du genre *Sigillaria,* établit des comparaisons, instructives pour le paléobotaniste, avec des espèces ou formes du continent, notamment du Westphalien du Nord de la France et de la Belgique.

Quelques empreintes de graines retiennent aussi son attention : on a souvent confondu le *Carpolithes membranaceus* Göppert, petites graines ovales ou presque circulaires, à surface lisse, avec le *Carpolithes (Rhabdocarpus) ovoideus* de Göppert et Berger ; ce dernier *Carpolithes* montre dans son péricarpe des faisceaux de fibres de sclérenchyme, qui en constituent les « nervures ». Ces fibres n'existaient pas dans le péricarpe du *Carpolithes areolatus* Boulay ; l'apparence réticulée des empreintes de ces graines est due, d'après M. Kidston, à des ornements, lignes ou crêtes de la surface primitive du testa. L'abbé Boulay et R. Zeiller, se basant sur l'association du *C. areolatus* avec les feuilles du *Cordaites borassifolius* Sternb. ont émis l'idée d'attribuer ces graines au *Cordaites* en question. M. Kidston n'est pas de leur avis et croit cette association fortuite.

A. Carpentier

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy

VARIATION DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES DANS LES FEUILLES

par M. Émile MICHEL-DURAND

INTRODUCTION

Plantes vivaces — Depuis longtemps les physiologistes ont été frappés des différences observées entre les feuilles en pleine vitalité et ces mêmes feuilles à la fin de la végétation. Ils se sont demandé si ces différences d'aspect et surtout de coloration, n'étaient pas les signes extérieurs de modifications cytologiques importantes et de transformations profondes dans la nature des principes immédiats contenus dans ces organes. C'est ainsi que la chlorophylle disparaît graduellement des feuilles qui deviennent complètement jaunes et tombent. C'est le phénomène bien connu du jaunissement, signe précurseur de la chute.

Sachs émit le premier l'hypothèse que les principes minéraux ou organiques des feuilles devaient se comporter d'une façon analogue, et, comme la chlorophylle, disparaître de ces organes avant leur mort pour émigrer vers les parties vivaces du végétal.

R. Combes (1), dans une mise au point très documentée du problème, fait remarquer avec juste raison que « Sachs ne rappelait pas dans ce cas des conclusions résultant de faits précis mis en évidence par des recherches expérimentales ; la manière dont il expliquait les phénomènes qui se produisent dans la feuille avant sa chute, était tout à fait hypothétique ; elle était basée sur les connaissances que l'on possédait à cette époque relativement à la production des matières carbonées dans les organes verts et au transport continu de ces substances dans les différentes parties des végétaux, ainsi que sur les résultats de recherches entreprises dans des conditions telles qu'elles ne pouvaient donner que de faibles renseignements sur cette question. »

---

(1) R. Combes. *Les opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles*. Rev. gén. de Botanique, 1911, **23**, 129.

Pourtant, certains auteurs ont considéré l'hypothèse de Sachs comme un fait acquis et ont été amenés par la suite à faire de l'existence, dans les feuilles tombées, de tel ou tel principe immédiat, non seulement un caractère d'inutilité, mais encore de toxicité de ces substances. R. Combes s'est élevé contre cette manière de voir et a démontré « que les conclusions tirées des faits en se basant sur cette notion sont parfois tout à fait contradictoires entre elles et que, dans certains cas, elles sont en complète opposition avec l'ensemble des données acquises sur le sujet étudié par l'application de méthodes différentes (1). »

C'est la condamnation pure et simple du critérium précédent.

C'est cependant ce caractère d'utilité ou de non utilité des principes migrateurs qui domine dans les travaux antérieurs au mémoire auquel je fais allusion ; ces travaux se classent naturellement en trois séries.

1° Recherches relatives aux variations qui se produisent dans les matières minérales des feuilles.

2° Recherches relatives aux variations dans les matières azotées des feuilles.

3° Enfin celles qui se rapportent aux hydrates de carbone.

Je n'envisagerai ici que les variations subies par les hydrates de carbone, seule partie du problème qui n'ait pas encore reçu une solution définitive.

J'ai entrepris une série d'analyses dans le but, non seulement de mettre en lumière les transformations chimiques subies par les feuilles au moment de leur chute, mais encore le sens du mouvement des principes hydrocarbonés solubles qui y sont contenus. L'étude corrélative des modifications anatomiques que subissent ces organes sur la fin de la végétation est intéressante à considérer. Les seuls résultats des analyses ne peuvent pas en effet nous permettre de nous prononcer définitivement sur l'importance du rôle que peuvent jouer l'émigration automnale, si elle existe, et les agents atmosphériques, au cas où ils auraient réellement une influence notable. Mais si, à une époque déterminée, nous pouvons constater le développement complet de l'assise subéreuse de chute, sa continuité parfaite, nous serons bien obligés d'admettre qu'à partir de ce moment-là l'émigration, vers les parties vivaces, des principes contenus dans les feuilles n'est plus possible et que, tout en faisant encore corps avec l'arbre, la feuille en est physiologiquement séparée. Si l'évacuation se continue, nous devrons admettre dès lors une autre cause d'épuisement ; l'analyse des feuilles abritées et non abritées, la recherche des sucres dans l'eau de pluie ayant arrosé ces dernières seront autant d'indications précieuses qui nous aideront à conclure.

---

(1) R. Combes. *Loc. cit.*, 139.

Plantes annuelles. — En s'en tenant rigoureusement aux plantes ligneuses, il est bien évident qu'on envisage seulement une partie du problème de l'émigration. Il est difficile, en effet, d'étendre aux plantes annuelles les conclusions générales relatives aux végétaux persistants, étant donné le peu de renseignements que l'on possède sur les variations de la composition des plantes herbacées.

L'examen des données que nous possédons actuellement, relatives au problème de la migration des principes hydrocarbonés dans les plantes annuelles, sont nettement insuffisantes pour se faire une idée exacte du phénomène ; telle est d'ailleurs l'opinion de Swart qui, tout en reconnaissant l'insuffisance de nos connaissances à ce sujet, n'hésite pas cependant à généraliser l'hypothèse de Sachs. La migration des substances utiles au végétal doit s'effectuer, chez les plantes annuelles comme chez les plantes persistantes, des organes qui sont en train de dépérir vers les parties vivaces, sans autre différence, si ce n'est que cette fonction propre aux racines et à la tige revient, dans ce cas, à la graine mûre.

Dans le but de vérifier cette opinion, j'ai dû étendre mes analyses aux plantes annuelles.

J'ai donc été amené à considérer successivement :

1° les feuilles caduques

2° les feuilles persistantes

3° les feuilles des plantes annuelles

4° les variations des hydrates de carbone dans les différents organes des plantes herbacées au cours de la végétation (1).

EXPOSÉ DES RÉSULTATS

PREMIÈRE PARTIE

FEUILLES CADUQUES

Les feuilles caduques sur lesquelles ont porté les analyses appartiennent à trois espèces différentes.

Ce sont :

1° des feuilles de *Fagus silvatica*
2° — d'*Ampelopsis hederacea*
3° — de *Betula alba*

CHAPITRE PREMIER

FEUILLES DE *FAGUS SILVATICA*

Mes analyses ont été effectuées :

1° sur des feuilles récoltées avant, pendant et après le jaunissement, à des intervalles assez rapprochés.

2° sur des feuilles exposées aux intempéries des saisons et sur des organes analogues, abrités, recueillis et fixés le même jour et à la même heure.

Toutes les feuilles des différents lots étaient cueillies sur le même pied et dans les conditions suivantes :

Récolte du 2 novembre. — Depuis plusieurs jours le Hêtre présentait les caractéristiques du dépérissement des feuilles. Sur le même arbre il y avait encore :

1° des feuilles complètement vertes

---

(1) L'historique de la question, ainsi que la technique employée dans ces recherches ont été publiés d'autre part :

E. Michel-Durand. *Variations des substances hydrocarbonées dans les feuilles*. (Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris pour obtenir le grade de Docteur ès-sciences naturelles. Imprimerie Nemourienne, Nemours, 1917).

2° des feuilles commençant à jaunir
3° — jaunes
4° — commençant à brunir
5° — brunes.

J'ai choisi des feuilles jaunes.

Récolte du 3 novembre. — Quatre ou cinq nuits avant la récolte, il s'est produit de fortes gelées. (— 1° à — 2° C).

Feuilles du 18 décembre. — Feuilles brunes tombées fin octobre, récoltées et exposées aux intempéries jusqu'au 18 décembre.

Les analyses sont résumées dans le tableau I où j'indique les résultats relatifs :

1° au poids sec des feuilles
2° à leur teneur en sucres réducteurs
3° — — non réducteurs
4° à leur teneur en dextrines
5° — sucres solubles
6° — glucosides
7° — amidon

TABLEAU I
FEUILLES DE *FAGUS SILVATICA*

I. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES

DATES DES RÉCOLTES	SUCRES SOLUBLES			TOTAL DES SUCRES SOLUBLES	Glucosides	AMIDON	POIDS SEC TOTAL de 1000 feuil.
	Réducteurs	Non Réduct.	DEXTRINES				
9 Juin. *f. vertes.*	2, 565	0, 960	0, 075	3, 600	2, 087	0, 900	126, 800
13 Sept^{emb}. *f. vertes.*	2, 692	0, 860	0, 075	3, 627	2, 300	0, 900	110, 900
10 Octobre *f. vertes.*	1, 900	0, 500	0, 150	2, 550	2, 300	0, 750	105, 500
2 Novemb. *f. jaunes.*	3, 075	0, 312	0, 225	3, 612	1, 825	0, 700	101, 900
3 Novemb. *f. brunes.*	2, 087	0, 312	0, 135	2, 534	0, 100	0, 175	91, 100
18 Déc^{emb}. *f. brunes.*	0, 575	0, 045	0, 170	0, 790	0, 130	0, 175	87, 500
II. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE							
9 Juin	2, 022	0, 757	0, 059	2, 838	1, 646	0, 709	
13 Septembre	2, 427	0, 775	0, 067	3, 269	2, 072	0, 810	
10 Octobre	1, 800	0, 474	0, 142	2, 416	2, 180	0, 710	
2 Novembre	3, 017	0, 305	0, 220	3, 542	1, 789	0, 745	
3 Novembre	2, 293	0, 342	0, 148	2, 783	0, 109	0, 192	
18 Décembre	0, 657	0, 051	0, 182	0, 890	0, 148	0, 200	

Dans la première partie, ces nombres sont rapportés à mille feuilles ;

Dans la deuxième partie, à 100 gr. de substance sèche.

On peut conclure des résultats réunis dans le tableau précédent :

1° Que le poids de 1000 feuilles de *Fagus* est en décroissance continue de juin à décembre. Cette simple constatation a son importance ; elle nous permet déjà d'affirmer la disparition graduelle des principes minéraux ou organiques des feuilles.

2° Les sucres réducteurs présentent un maximum relatif en septembre puis diminuent rapidement et, dans l'espace de quelques semaines, tombent aux 2/3 de ce qu'ils étaient auparavant. Le 2 novembre la courbe se relève brusquement ; les feuilles contiennent à ce moment le maximum absolu de sucres réducteurs. Ce fait est expliqué par les basses températures qui se sont produites pendant les quatre ou cinq nuits qui ont précédé la récolte des feuilles et pendant lesquelles le thermomètre est descendu à — 1° et même à — 2° centigrades. Quoi qu'il en soit, notons ce fait, *que les feuilles jaunes de* Fagus *sont alors gorgées de sucres et présentent leur teneur maxima en hydrates de carbones à petite molécule.* Ce sucre disparaît ensuite peu à peu à mesure que la feuille traverse des stades de dépérissement de plus en plus avancés. Dans les feuilles brunes, le 1/4 des sucres réducteurs a déjà disparu. Cette élimination ne fait que s'accélérer dans la suite puisque, dans les feuilles tombées en octobre, laissées en plein air d'octobre à décembre et analysées en décembre, il ne reste plus que le 1/6 des sucres réducteurs.

3° Quant aux sucres non réducteurs, leur diminution est graduelle et continue de juin à décembre. De juin à septembre leur diminution est à peine visible ; mais à partir de septembre elle va en s'accélérant de telle sorte qu'en novembre la proportion de ces sucres est déjà tombée au 1/3 de sa valeur primitive ; en décembre les sucres non réducteurs ne représentent plus que le 1/20 de ce qu'ils étaient en juin ou septembre et le 1/9 environ de la teneur des feuilles de novembre. Ces sucres atteignent donc leur maximum dans les feuilles vertes, diminuent rapidement jusqu'au moment du jaunissement, restent en proportion à peu près constante pendant que les feuilles brunissent et enfin disparaissent très rapidement lorsque les feuilles sont tombées.

4° La teneur des feuilles en glucosides est à son maximum pendant la période septembre-octobre ; à partir de ce moment la somme des composés glucosidiques diminue rapidement et, dans les feuilles brunes, il n'en existe plus que le 1/18 de ce que contenaient les feuilles jaunes. A partir de ce stade les composés glucosidiques ne semblent pas diminuer sensiblement.

Donc : maximum des glucosides dans les feuilles vertes ; diminution très appréciable dans les feuilles jaunes ; différence énorme au point de vue de la teneur en glucosides entre les feuilles jaunes et les feuilles brunes.

5° On remarquera que les feuilles ne contiennent que de petites quantités de dextrine ; en pleine végétation, c'est-à-dire de juin à septembre, la somme des dextrines reste sensiblement constante. En octobre elle est déjà le double de ce qu'elle était en septembre. La teneur en dextrines s'élève encore et atteint son maximum en novembre, dans les feuilles jaunes, avec une valeur triple environ de ce qu'elle était en septembre ; elle diminue ensuite dans les feuilles brunes, mais à ce moment les feuilles contiennent encore une quantité de dextrines double environ de celle qui se trouvait dans les feuilles vertes. Ce fait doit tenir sans doute à la destruction rapide de l'amidon des feuilles à la fin de l'automne, sous l'influence des basses températures.

6° L'amidon suit exactement la même loi que les sucres non réducteurs ; ce fait n'a rien de surprenant puisque les disaccharides et trisaccharides représentent les premiers stades de condensation des monoses, la première phase de la mise en réserve, et peuvent par suite, dans une certaine mesure, être considérés comme des dépôts nutritifs. La teneur en amidon reste à peu près constante de juin à septembre ; elle diminue déjà très sensiblement de septembre à octobre ; cette diminution se continue ensuite ; mais tandis qu'elle est à peine sensible d'octobre à novembre, elle s'accélère très rapidement dans le courant de novembre, tombe à une valeur qui paraît rester constante et qui n'est guère que le 1/5 de la valeur maxima. La teneur en amidon est donc maxima dans les feuilles vertes, un peu plus faible dans les feuilles jaunes ; mais tandis que la différence entre les quantités d'amidon des feuilles vertes et jaunes est à peine sensible, elle est considérable au contraire entre les feuilles jaunes et les feuilles brunes, qui en renferment à peine le 1/4 de ce que contiennent les feuilles jaunes.

7° Enfin, si nous effectuons la somme des hydrates de carbone solubles, nous voyons qu'ils atteignent leur maximum en septembre. Ce fait tient à la présence considérable des glucosides, qui présentent justement leur maximum en septembre et donnent par conséquent le signe de leur variation à la somme des corps hydrocarbonés. La diminution des hydrates de carbone solubles s'accentue dans les feuilles vertes plus âgées ; mais dans les feuilles jaunes il se produit une hausse rapide, si bien que cette teneur est très voisine de celle des feuilles de juin. Cette hausse rapide est de courte durée, la somme de ces hydrates de carbone diminue ensuite rapidement ; dans les feuilles brunes de novembre, elle n'est déjà plus que la moitié de celle des feuilles jaunes et dans les limbes exposés aux intempéries, il n'en reste plus, fin décembre, que le 1/6.

CHAPITRE II

FEUILLES D'*AMPELOPSIS HEDERACEA*

Les récoltes ont été faites sur un *Ampelopsis* recouvrant une vérandah fortement éclairée.

Récolte du 29 Septembre — L'anthocyane apparaît en grande quantité ; certaines feuilles, peu nombreuses, sont encore vertes ; quelques-unes sont brunes, mais les feuilles rouges prédominent.

Récolte du 20 Octobre — Les feuilles commencent à tomber. J'ai choisi des feuilles venant de tomber et fortement colorées en rouge.

Le tableau n° II résume les analyses, avec les deux parties précédemment indiquées.

TABLEAU II

FEUILLES D'*AMPELOPSIS HEDERACEA*

I. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FOLIOLES

DATES DES RÉCOLTES	SUCRES SOLUBLES				TOTAL DES SUCRES SOLUBLES	Glucosides	SUCRES INSOLUBLES				TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES	TOTAL DES SUCRES SOLUBLES ET INSOL.	POIDS SEC DE 1000 folioles
	Réducteurs	Non Réduct.	Non dédoublés par l'invertine	Dextrines			AMIDON	Amyloïdes	Hémicelluloses	Celluloses FACIL. HYDROL.			
10 Juillet. *f. vertes*	1,565	1,875	0	0,150	3,580	14,500	0	3,430	2,030	»	5, 460	23, 540	90, 940
15 Juillet. *f. vertes.*	1,950	2,012	0	0,125	4,087	13,250	0	3,300	1,967	»	5, 267	22, 604	91, 000
29 Septemb. *f. vertes* *f.* **rouges** *f. brunes.*	2,375	2,045	0	0,125	4,545	13,640	0	1,935	1,265	»	3, 200	21, 385	88, 740
20 Octobre *f. rouges.*	1,105	0,607	0	0,100	1,812	10,200	0	1,595	1,210	»	2, 805	14, 817	72, 500
II. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE													
10 Juillet	1,720	2,261	0	0,165	3,946	15,944	0	3,770	2,233	»	6, 003	25, 893	
15 Septembre	2,142	2,211	0	0,137	4,490	14,560	0	3,626	2,161	»	5, 787	24, 837	
29 Septembre	2,676	2,304	0	0,140	5,120	15,372	0	2,180	1,428	»	3, 608	24, 100	
20 Octobre	1,524	0,837	0	0,137	2,498	14,068	0	2,200	1,670	»	3, 870	20, 436	

(*A suivre.*)

SUR TROIS MOUSSES INÉDITES

DE

LA CHINE ORIENTALE

par M. R. POTIER DE LA VARDE

Parmi les Mousses non classées de l'herbier Paris, était une récolte faite en Chine orientale par le R. P. Courtois ; elle venait d'être examinée par Brotherus et devait faire l'objet d'une notice spéciale, faisant suite à celles parues dans la Revue Bryologique, sur le même sujet, quand la mort est venue interrompre les travaux du Général Paris. En étudiant la liste adressée au général par son illustre correspondant, j'ai facilement identifié les espèces que j'avais sous les yeux. Parmi celles-ci, trois sont nouvelles pour la science. C'est dans le but de faire connaître ces dernières qui risqueraient de demeurer bien longtemps oubliées, que la présente note est rédigée. Je profite de l'occasion pour signaler en passant les espèces déjà décrites, avec le lieu de leur récolte, ce qui peut avoir quelque intérêt au point de vue de la Géographie Botanique.

Ptychomitrium Wilsoni Lesq. et Jam.

Loufang (900 m. alt.), Octobre 1910, n° 341.

Rhacomitrium Canescens (Timm.) Brid.

Hochan, Avril 1910, n° 274.

Drummondia Sinensis C. M.

Hochan, 16-23 Avril 1910, n° 276.

Macromitrium incurvum Lindb

Kang tchong chan (12-1500 m. alt.), 31 Mai 1910, n° 266.

Macromitrium Syntrichophyllum Thér. et P. de la V.

(*Spec. nov.* subgen. *Eumacromitrium.* C. M. Sect. *Leiostoma.* Mitt.)

Phyllodioïcum ! *Planta* ♂ gemmiformis, vix $0^{mm},5$ alta, pedicellata, sæpe 2-divisa, foliis plantæ ♀ affixa, ex protonemate raro enata. *Antheridia* pauca ovoïdea, foliis perigonialibus paucis, obtuse acuminatis enerviis. *Cespites* applanati brunneo-virides, lutescentes. *Caules* repentes 5-7 cm. longi parce divisi, ramis curtis inæqualibus $1^{mm},5^{mm}$ longis. *Folia* sicca crispata, nequaquam spiraliter contorta, madida erecto-patentia, $2^{mm},5$-3^{mm} longa, basi $0^{mm},5$-$0^{mm},7$ lata, e basi ovata, lanceolata, acuta, integra, *nervo in apice* dissoluto, marginibus planis, vel tantum uno ad basim convoluto. *Cellulæ basilares* leves 20-28 μ longæ ; *marginales* orthogoniæ, dilatatæ, hyalinæ ; *mediæ* parietibus crassis, lucidæ, sæpissime obtuse papillatæ ; superiores obscuræ leves, circa 10 μ latæ. *Folia perichætialia* longiora, in longo, piloso, flexuoso, ad apicem dentato, acumine Sensim extenuata ; siccitate ad pedicellum adpressa. Perichætia cladogena, vaginula pilosa, archegonia 5-8 paraphysibus æquis vel duplo et ultra longioribus. Capsula ovata 1^{mm}-$1^{mm},5$ alta, $0^{mm}7$-1^{mm} crassa, in rubescente pedicello 4-5^{mm} alto, erecta, badia, sub ore pressior propter 8-10 series cellularum parenchymaticarum parietibus crassis : Peristomii dentes, profunde inserti, luteopallescentes, obtusi, minute papillati, transversim striati, linea divisurali notati. *Operculum* conicum, rostratum, circa 3/4 longitudinis thecæ æquans. *Calyptra* campanulata lobata, infra capsulam descendens, pilis aureis longis erectis. *Sporæ* 15-18 μ crassæ.

China. or., Leoufang (900 m. alt,), oct. 1910, coll. R. P. Courtois sub n° 332. — Tchan Kia po (prov. Ngan Hoi) oct. 1910, n° 335.

Cette espèce qui appartient sans aucun doute à la Sect. *Leiostoma* Mitt. oscille entre les groupes D. E. F. G. H. I. de Brotherus (in Engler und Prantl. Die natürlichen Pflanzenfamilien, p. 487), mais il ne semble pas qu'on puisse l'attribuer à l'un plutôt qu'à l'autre de ces groupes. Ceux-ci en effet sont en partie caractérisés par des feuilles *contournées en spirale* autour de la tige à l'état sec, ou tout au moins par des feuilles dont la pointe *s'enroule* par la sécheresse, tandis que dans la plante décrite plus haut, les feuilles sont simplement crispées.

Dans la liste de Brotherus en date du 22 mai 1911, cette Mousse

est désignée sous le nom de *Macromitrium Courtoisi*, nov. spec. Ce nom n'est pas valable : il existe en effet dans la nomenclature, déjà, un *Macromitrium Courtoisi* Broth et Par. L'espèce créée pour une Mousse du Cheï tong a été décrite dans la Revue Bryologique de 1909 [Paris, 9^{me} article sur les Muscinées de l'Asie orientale, p. 9].

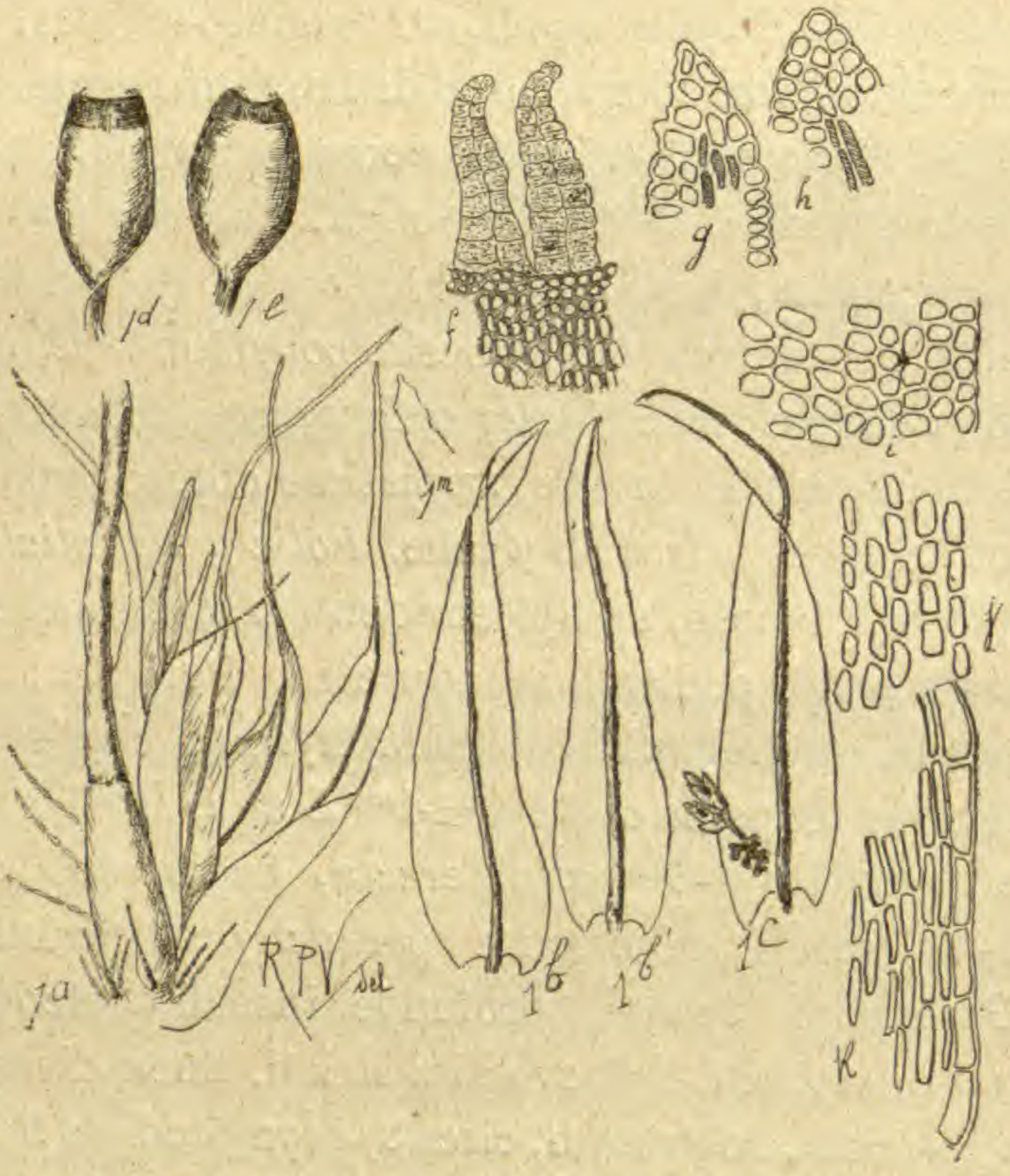


Fig. 1. — *Macromitrium syntrichophyllum* Thér. et P. de la V.
a) Fragment d'un périchèze avec archégones et paraphyses × 12.
b) b') Feuilles × 12
c) Plante ♂ avec son protonéma fixé sur une feuille de la plante ♀ × 12
d) Capsule sèche × 6
e) — humide × 6
f) Dents du péristome × 97
g) h) Pointes × 187
i) Tissu vers le milieu × 187
j) Vers le milieu et plus près de la base × 187
k) Tissu basilaire et marginal × 187
m) Pointe d'une feuille périchétiale × 110.

C'est une plante saxicole fort différente de celle dont il vient d'être question. Nul doute qu'avant de publier une notice à ce sujet, le général Paris se fût aperçu, en rédigeant ses descriptions, que le nom proposé faisait double emploi, et il l'eût remplacé par un autre. C'est ce que je me permets de faire à sa place aujourd'hui, tout en regrettant de ne pouvoir conserver la signature des auteurs, qui, les premiers, ont reconnu une nouveauté, dans les récoltes du P. Courtois.

Avant d'en finir avec cette espèce je noterai une particularité présentée par ses spores. Une partie de celles-ci, longtemps après la maturité de la capsule, restent assemblées en *tétrades*, à côté d'autres qui se sont normalement dissociées. Le fait se vérifie sur des capsules désoperculées depuis une année, alors que d'autres sporogones sont déjà formés, et que les nouveaux pédicelles ont atteint la taille des anciens.

Bryum argenteum L.

Province de Ngan-Hœi, Lan ningo, 5 Décembre 1910, n° 329.

Bryum ramosum Hook

Kang tchong chan (12-1500 m.), 17-22 Octobre 1910, n° 323.

Mnium trichomanes Mitt.

Man Choeiho, 10 Mai 1910, n° 259. — Liutchéoufou, 9 Avril 1910, n° 234.

Mnium Microphyllum D. M.

Tsien leou fan, 24 Octobre 1910, n° 313.

Bartramia crispata Schp.

Leou fang (900 m. alt.), Mai 1910, n^{os} 247 et 256.
Tsien leou fan, 27 Octobre 1910, n° 306.

Catharinea Rhystophylla C. M.

Province de Ngan Hœi, Leoufang (900 m.), 9 Juin 1910, n^{os} 250-258.

Pogonatum Urnigerum

Kan-Tchong Tchan (12-1500 m.), 28 Mai 1910, n^{os} 243-318. — Loufang, n° 334.

Hedwigia ciliata Ehr.

Kan-Tchong-Tchan, n° 324.

Pylaisia Schimperi. R. C.

Tsian-Leou fan, 27 Octobre 1910, n° 341.

***Pylaisia robusta*.** Broth et Par. (sp. nov.)

Cæspites nitide lutescentes, condensati. *Caulis* repens, 2-3 cm-longus, irregulariter pinnatus, ramnis erectis circa 5^{mm} longis. *Folia* erecta 2^{mm}-$2^{mm},25$ longa, $0^{mm},5$ lata, ovato lanceolata acuté acuminata, marginibus planis, integris, usque ad basim subulæ concava, enervia; *cellulis* basilaribus subquadratis, obscuris, marginalibus regulariter seriatis, infimis majoribus hyalinis, cæteris prosenchymaticis.

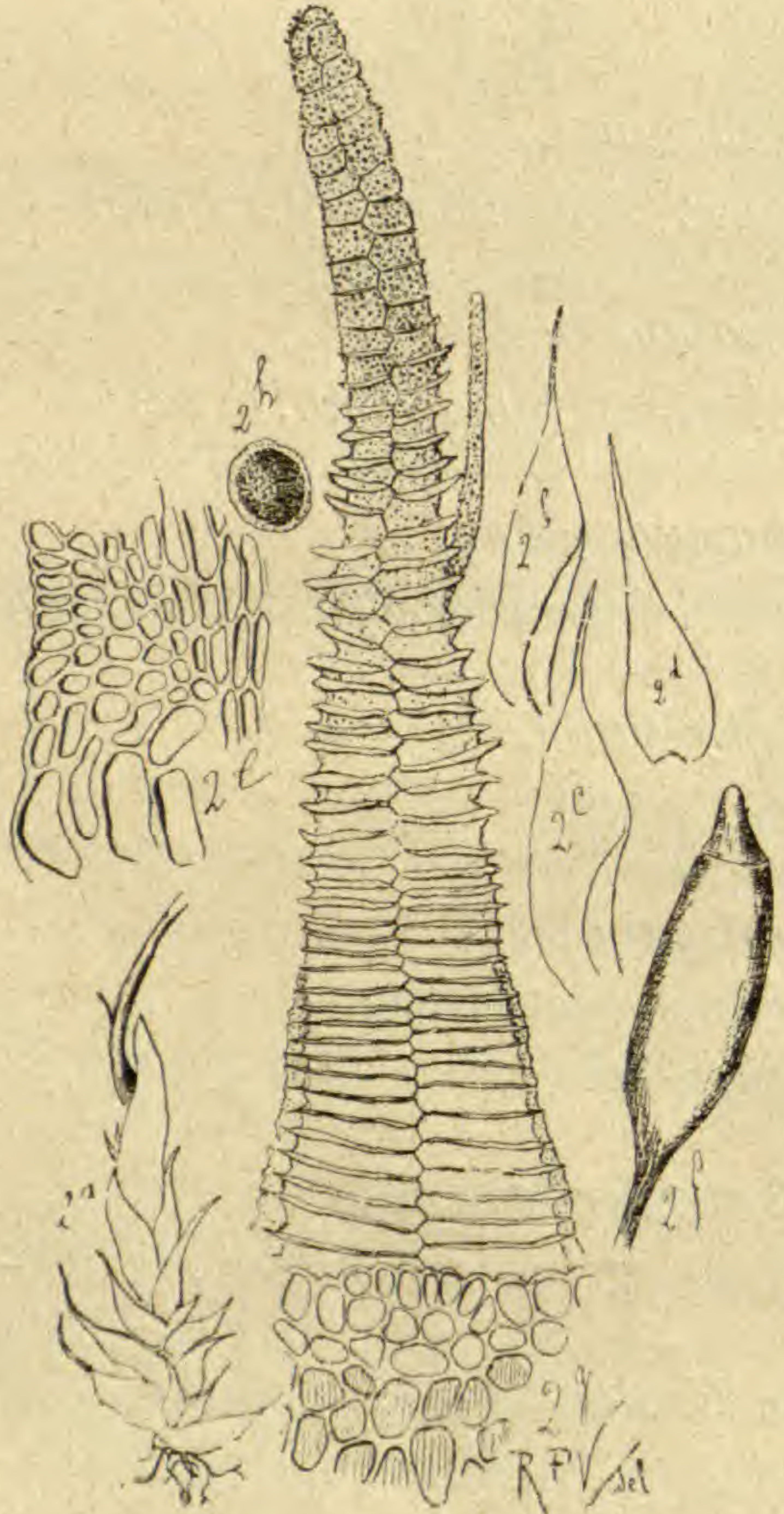


Fig. 2. — *Pylaisia robusta* Broth. et Par.
a) Périchèze × 6
b) c) d) Feuilles × 12
e) Tissu basilaire × 188
f) Capsule × 12
g) Dent × 188
h) Spore × 188

Perichætia cauligena, radiculosa. Folia perichætialia externa, curta sæpe denticulata, breviter acuminata, intima multo longiora, erecta, omnia enervia; paraphysibus filiformibus paucis.

Capsula oblongo-cylindrica. 3^{mm} longa, $1^{mm},25$ lata in pedicello rubro contorto levi 15-20^{mm} alto, erecta. *Operculum* obtuse conicum. *Peristomii* dentes lanceolati, obtusi, pallescentes, dense articulati, et in media parte trabeculati, ad basim marginati, in apice papillati et hyalini. *Endostomium* minute papillatum, partim dentibus peristomii affixum. Processus tantum ad 3/4 altitudinis dentium pervenientes. Sporæ sphericæ 30-33 µ crassæ, ferrugineæ, minute granosæ.

China or. Prov. Ngan Hoei. Loufang (900 m.), Octob. 1910, coll. R. P. Courtois sub n° 338.

Dans la classification de Brotherus (op. cit., p. 887) cette espèce devrait prendre place près du *Pylaisia Schimperi* Card., en raison du péristome interne soudé à l'externe sur les

deux tiers environ de sa longueur, et de ses spores qui atteignent et dépassent même parfois 30 μ de diamètre. Toutefois elle est très distincte de cette espèce par les proportions de tous ses organes, et à première vue par sa capsule très dissemblable comme forme et comme dimensions.

Haplohymenium microphyllum (B. P.) Broth.

Prov. de Ngan Hoei Loufang, (900 m.). Octobre 1910, n° 343.

Haplocladium capillatum (Mitt.) Broth.

Tsien lou fan, 24-27 Octobre 1910, n° 310.

Haplocladium macropilum. C. M.

Man chœi ho, 13 Mai 1910, n° 343.

Leskea acuminata P. B.

Man chœi ho, 13 Mai 1910, n° 290,

Acrocladium cuspidatum (L.) Linob.

Kan Tchong chan (12-1500 m.) Juin 1910.

Homalothium Tokiodense (Mitt) Besch.

Tsien Leou fan, 27 Octobre 1910, n° 305.

Gollania sinensis Broth. et Par. (sp. nov.)

Cœspites nitide lutescentes, laxe cohærentes. Caulis, inferne denudatus, ramis irregulariter pinnatus. Folia inferiora late ovalia rotundata, media majora et distincte acuminata, superiora ovata lanceolata breviter acuminata, in subulam undulato-crispatam desinentia, nervis binis tenuibus divergentibus, dimidiam partem longitudinis folii et ultra metientibus. Pseudoparaphyllia acuta, rara. *Cellulæ* basilares punctatæ, *alares profunde excavatæ*. Archegonia 3-5 paraphysibus filiformibus longioribus. Folia *perichætialia*, in longa, flexuosa, vix denticulata subula, extenuata. Theca oblonga, inclinata, collo plus minusve distincto, operculo conico breviter acuminato, in pedicello flexuoso.

Peristomii dentes lutei, lanceolati, dense articulati, striati, ad apicem papillati *Endostomii* processus paulo breviores, papillati, e membrana aurea, minute papillata *circa dimidiam partem longitudinis dentium peristomii* æquante, enati, in carina late aperti, ciliis 3-4 æquilongis dense papillatis. *Sporæ* sphericæ luteæ, subleves, 14-16 μ.

China Or. Prov. Ngan Hoei. Kan tchong chan (12-1500 m. alt.), 17-22 Octobre 1910. Coll. R. P. Courtois sub. n^{os} 319-320.

Cette espèce tient de bien près à *Gollania neckerella* C. M., dont, au point de vue végétatif, elle ne semble guère s'écarter que par ses feuilles plus étroites, dotées en général de nervures plus longues. Encore convient-il de remarquer que les feuilles varient beaucoup chez *G. neckerella* suivant le niveau considéré. La variété *coreensis* Card. a précisément, comme caractéristiques, des feuilles plus étroites. D'autre part, la longueur des nervures semble elle-même assez variable, si l'on examine un certain nombre d'échantillons de provenances différentes.

Par ailleurs, on trouve chez *G. sinensis* comme dans l'espèce de Muller un groupe de cellules alaires fortement excavées, dont l'ensemble forme un repli profond à la base du limbe, et on note des pseudo-paraphylles absolument semblables. La denticulation des feuilles et leur tissu ne présentent pas de différences bien appréciables. Plus sérieuses sont celles que l'on constate dans les périchézes. Chez *G. neckerella*, les feuilles périchétiales internes, profondément incisées-dentées, parfois même comme lacérées de chaque côté de la pointe de l'acumen avec des dents hyalines très saillantes, correspondent parfaitement à la description de C. Müller qui les dit « *ad subulam ciliato-denticulata* » (1) et à l'observation de Brotherus (op. cit. p. 1055) qui les donne comme devant être « *grob ausgefressen gezähnt* ». Rien de semblable ne se voit chez *G. sinensis*, où les feuilles périchétiales se terminent par un long acumen flexueux, généralement recourbé en fouet, avec, à l'extrémité, de très légères dents qui n'excèdent pas en profondeur celles que l'on observe sur les feuilles de même catégorie du *Gollania varians* (Mitt) Broth. Toutefois le total des différences présentées par les gamétophytes justifierait, tout au plus, la création d'une variété, si celles qu'offrent les sporophytes n'étaient de beaucoup plus importantes. Si l'on s'en rapporte au dessin de Levier publié par Brotherus dans son ouvrage magistral p. 1054, fig. 755 I, on remarque que dans *G. Neckerella* C. M., la membrane du péristome interne est très courte, n'égalant pas même le huitième de la hauteur d'une dent du péristome externe. Dans le *G. sinensis* B. P. au contraire, les processus et les cils ne sont découpés dans la membrane que lorsque celle-ci atteint la moitié de la hauteur d'une dent du péristome. De plus les processus du *G. Neckerella* sont assez étroits, entiers, répondant à la diagnose de Müller *(loc. cit.)* qui les décrit « vix hiantes »,

---

(1) C. Müller. « *Bryologia provinciæ Schen-Si sinensis*. III » (Extr. del *Nuovo Giornale botanico italiano*. vol. V, 1898, p. 206.)

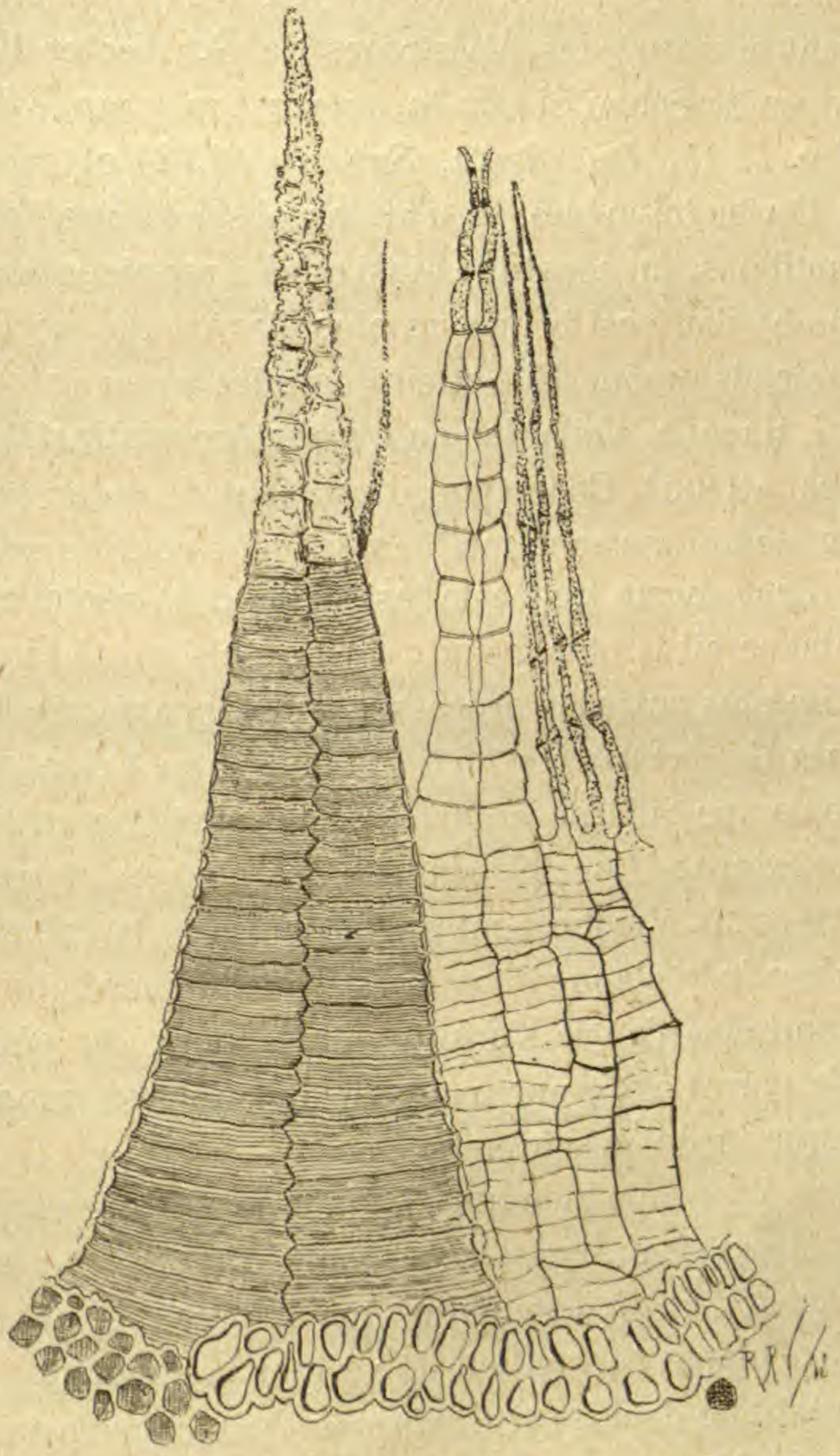


Fig. 3. — *Gollania sinensis* Broth. et Par.. Péristome (fragment) et endostome × 188.

tandis que chez *G. sinensis,* ils sont larges, et troués sur la carène presque depuis leur origine, comme l'indique la figure ci-contre; souvent ils s'ouvrent à leur extrémité en deux petites branches divergentes. Ce sont là des différences morphologiques dont on ne peut méconnaître l'importance, toutefois je crois devoir faire remarquer, qu'ayant disséqué des péristomes de *G. Neckerella* récoltés dans la province de Schen Si *(Zu-lu, catena Lao y san, coll. Giraldi, 15 Septembre 1897, Det. Broth. Sub. n° 1638)* et provenant de l'herbier de Levier lui-même, je n'ai pas observé que l'endostome, sur ces échantillons, fut constitué ainsi que l'a représenté cet auteur. La membrane basilaire est beaucoup plus élevée que ne l'indique le dessin cité précédemment. Elle atteint en effet à peu près la hauteur de celle du *G. sinensis.* Voilà donc un caractère distinctif qui paraît singulièrement atténué. Cependant il convient de noter que les cellules de cette membrane sont notablement plus courtes que celles du *G. sinensis.* Leur forme générale est celle d'un rectangle dont le côté horizontal serait le plus grand; c'est précisément l'inverse chez *G. sinensis.* De plus entre les processus on ne trouve que 2 ou 3 cils, alors que chez *G. sinensis* il y en a souvent 4, ou 3 dont un double. Enfin je signale une différence qui m'a paru constante entre les dents du péristome externe. Chez *G. sinensis,* les plaques dorsale et ventrale qui composent chaque dent ont à peu près la même largeur. Chez *G. Neckerella* la plaque dorsale est sensiblement plus large que la plaque ventrale, d'où il s'ensuit que la dent du péristome de *G. Neckerella* paraît avoir une marge beaucoup plus importante, de la base presque jusqu'au sommet.

En résumé, il semble bien que *G. sinensis* est une espèce secondaire, assez discutable, ayant sans contredit de grandes affinités avec *G. Neckerella.* Il est à souhaiter que des récoltes abondantes de l'une et l'autre plante permettent de vérifier la constance des caractères observés et de décider si *G. sinensis* doit conserver son autonomie ou bien être subordonné à *G. Neckerella* et dans quelle mesure.

Travail fait au Laboratoire de Botanique générale
de la Faculté des Sciences de Rennes.

RECHERCHES BIOCHIMIQUES EXPÉRIMENTALES
SUR LE
RÔLE PHYSIOLOGIQUE DES GLUCOSIDES CHEZ LES VÉGÉTAUX

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

par M. Raoul COMBES

(fin)

3° Si nous considérons maintenant les modifications apportées dans la composition des milieux par la culture des deux *Vicia*, nous constatons que les milieux glucosés ont perdu une très notable proportion de leur sucre ; en 40 jours les *Vicia sativa* ont pris au milieu de culture une quantité de glucose variant entre 122 et 215 milligrammes.

Quant aux milieux renfermant de l'amygdaline, l'analyse des liquides avant et après les cultures mettent bien en évidence une diminution du glucoside au cours des cultures mais cette diminution est extrêmement faible, elle varie de 4 à 34 milligrammes pour les milieux ne renfermant l'azote que sous forme de glucoside et de 33 à 56 milligrammes pour les milieux renfermant en outre de l'azote nitrique et ammoniacal. Or, l'erreur résultant des dosages effectués dans les milieux, de la mesure du volume des liquides et enfin de la manière plus ou moins parfaite dont les racines des plantes sont lavées au moment de la récolte et débarrassées du glucose ou du glucoside qui adhère à leur surface doit être estimée à 45 milligrammes de glucose pour chaque flacon de culture contenant du liquide de Knop glucosé et à 50 milligrammes d'amygdaline pour le milieu renfermant ce glucoside. En tenant compte de ces indications, on voit que les différences constatées par les dosages entre les quantités d'amygdaline existant dans les milieux avant et après les cultures ne sont pas ou sont très faiblement supérieures aux limites de l'erreur.

La conclusion qui se dégage des résultats de cette série d'expériences est la suivante.

Le Vicia macrocarpa *et le* Vicia sativa, *plantes qui renferment un glucoside cyanogénétique dans leurs tissus, cultivées en présence de milieux renfermant de l'amygdaline, n'absorbent pas ce glucoside par leur racine. La présence de ce glucoside dans le milieu de culture où se développent les plantes exerce une action nocive sur les racines, cette action se manifeste sur ces organes par des modifications morphologiques profondes et un arrêt presque complet du développement. Les plantes cultivées dans ces conditions élaborent une quantité de substance sèche inférieure à celle qu'elles élaborent lorsqu'elles se développent en l'absence d'amygdaline.*

Même lorsqu'elles sont mises en inanition d'azote minéral et qu'on ne leur fournit l'azote que sous forme d'amygdaline, les deux plantes étudiées sont incapables d'absorber ce glucoside et par conséquent de l'utiliser.

Les résultats obtenus avec le *Vicia macrocarpa* et le *Vicia sativa* sont donc de même ordre que ceux qui furent obtenus avec le *Raphanus sativus*. Pour toutes ces plantes l'amygdaline se comporte comme une substance nocive.

VI RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Les principaux faits mis en évidence au cours des recherches dont il vient d'être question sont les suivants :

1° *Les plantes croissant en cultures aseptiques, dans des conditions telles que leurs racines se développent au contact d'un milieu nutritif renfermant un glucoside appartenant au groupe des saponines, se comportent d'une manière différente suivant l'espèce à laquelle elles appartiennent.*

*C'est ainsi qu'en présence de l'agrostemmasaponine extraite des graines de l'*Agrostemma Githago, *employée à de très fortes concentrations, 1, 2, 5, 10 et même jusqu'à 100 p. 1000, les racines de* l'Agrostemma Githago, *plante qui élabore ce glucoside, croissent sans manifester aucun signe de souffrance, tandis qu'au contraire les racines des espèces ne produisant pas cette saponine* (Pisum sativum, Polygonum Fagopyrum, Raphanus sativus) *se trouvent lésées dans des solutions renfermant le même glucoside à des concentrations extrêmement faibles : 0, 10 p. 1000 par exemple.*

L'action nocive exercée sur ces dernières plantes par l'agrostemmasaponine se manifeste : 1° *à la surface des racines par la mort et la chute des poils absorbants, dans certains cas* (Pisum) *par l'apparition de plissements externes d'autant plus accusés que les solutions de saponine employées sont plus concentrées ;* 2° *par un aspect coralloïde présenté par l'ensemble de l'appareil radiculaire ;* 3° *par un affaiblissement de la production de substance sèche portant à la fois sur la racine et sur la tige feuillée. Au contraire, les* Agrostemma *cultivés au contact de solutions d'agrostemmasaponine même très concentrées présentent des poils absorbants intacts, une racine normale, et forment une quantité de substance sèche aussi grande que les individus témoins cultivés en l'absence de saponine.*

L'étude de l'immunité des végétaux vis-à-vis des substances qu'ils contiennent a été abordée déjà par plusieurs physiologistes. En 1827, Zeller (1) concluait de ses recherches sur plusieurs plantes produisant soit des corps toxiques pour l'homme et les animaux, soit des substances amères, soit encore des huiles essentielles, que les végétaux meurent lorsqu'on les force à absorber les composés qu'ils produisent. Gœppert (2), l'année suivante, faisait des constatations semblables à propos de l'acide cyanhydrique et des plantes cyanogénétiques. Par contre, Erhart (3), en 1873, étudiant l'action des acides et Heller (4) en 1904, celle des huiles essentielles, ont mis en évidence des faits qui tendent à montrer une immunité des plantes pour les substances qu'elles contiennent. De même, les recherches de

---

(1) Zeller. Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Stoffe des organischen und anorganischen Reichs auf das Leben der Pflanzen. (Compte rendu dans *Bot. Zeitung*, p. 753, 10e année, 1827).

(2) H. R. Gœppert. Recherches sur l'action de l'acide hydrocyanique et de quelques autres substances sur les plantes (Extrait). (*Annales des Sciences naturelles*, T. XIV, pp. 384-394, 1828).

(3) Erhart. Ueber subcutane Injection bei Pflanzen (*Arch. d. Pharm.*, 3e série, T. II, 1873).

(4) Heller. Ueber die Wirkung ætherischer Œle (*Flora*, 1904).

Cornevin (1), dont il a été question au début du présent travail, et au cours desquelles l'auteur a établi que la saponine n'empêche pas la germination des graines d'*Agrostemma Githago*, viennent à l'appui de l'idée de l'immunité des végétaux pour leurs propres produits, tout au moins dans les cas où les substances élaborées existent dans les tissus sans interruption pendant toute la durée du développement des plantes productrices.

Pfeffer, dans son traité de Physiologie végétale, émet l'opinion de l'existence d'une immunité de l'organisme végétal vis-à-vis de ses propres produits, mais il constate que cette immunité est insuffisamment démontrée pour les végétaux supérieurs. De Vries (2) a remarqué, en expérimentant sur des organes provenant de plusieurs espèces végétales, que seules les écailles épidermiques rouges de *Begonia manicata* sont susceptibles de résister à de fortes concentrations d'acide oxalique et d'autres acides ; or, le *Begonia manicata* se distingue précisément des autres espèces étudiées par sa richesse en acide oxalique. Stracke (3), étudiant l'action de divers acides, des alcaloïdes, de l'essence de moutarde ainsi que de plusieurs sucs végétaux sur les plantes productrices de ces substances et sur les plantes non productrices, conclut que les cellules des végétaux supérieurs peuvent présenter une immunité pour les substances qu'elles produisent sans toutefois que ce phénomène soit général.

*Les racines de l'*Agrostemma Githago *pouvant supporter sans en souffrir le contact de solutions d'agrostemmasaponine 1000 fois plus concentrées en glucoside que celles qui suffisent à exercer une action nocive nette sur les racines des espèces non productrices d'agrostemmasaponine, on est conduit à conclure à l'existence, chez l'*Agrostemma Githago, *d'une immunité vis-à-vis du glucoside que cette plante élabore.*

En dehors de l'intérêt que ces faits peuvent présenter au point de vue de la question de l'immunité de l'organisme végétal vis-à-vis des produits qu'il contient, ils soulèvent une question de technique physiologique dont il y a lieu de tenir compte : Le fait qu'un principe immédiat déterminé est facilement supporté à hautes doses par l'espèce végétale qui le produit tandis qu'il est toxique même à petites doses pour les autres plantes, rend indispensable, dans les recherches relatives à l'étude du rôle que jouent les principes immédiats végétaux dans l'organisme végétal et comportant la culture de plantes en présence de ces principes, d'opérer non pas avec n'importe quelles espèces végétales, mais seulement avec celles qui produisent ces composés. En d'autres termes, de l'action exercée par une substance déterminée sur une espèce végétale quelconque prise au hasard, on ne peut conclure que l'action constatée serait la même sur l'espèce qui dans la nature produit cette substance, ni par conséquent en tirer une déduction quelconque relative au rôle que joue, dans les conditions naturelles, le composé étudié au sein de l'organisme végétal qui l'élabore.

---

(1) Ch. Cornevin. *Loc. cit.*

(2) De Vries. Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft (*Jahrb. f. wissenschaftl. Bot.*, T. XIV).

(3) G. J. Stracke. Recherches sur l'immunité des plantes supérieures pour leur propre poison. (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, Série II, T. X, p. 8).

Il y a tout lieu de penser que les phénomènes constatés dans l'action des glucosides sur les plantes ne sont pas particuliers à ces corps, mais se produisent avec beaucoup d'autres principes immédiats. Des recherches sont à entreprendre dans ce sens en opérant avec les tannins, les acides, les alcaloïdes, etc., et donneront probablement des indications qui modifieront les conclusions des travaux effectués jusqu'à maintenant dans le but d'étudier le rôle joué par ces corps dans l'organisme végétal.

2° *L'amygdaline, introduite dans un milieu de culture exclusivement minéral et dépourvu d'azote, dans un milieu minéral renfermant de l'azote nitrique ou enfin dans un milieu contenant de l'azote et additionné en outre de glucose, exerce une action nocive sur les végétaux que l'on fait développer dans ces milieux, même lorsque les végétaux appartiennent à des espèces productrices de glucosides cyanogénétiques voisins de l'amygdaline. L'action nocive est visible sur la racine, qui montre des caractères de souffrance ; elle détermine de plus dans l'ensemble de la plante un affaiblissement de la production de substance sèche.*

Cette action nocive de l'amygdaline a été mise en évidence chez le *Raphanus sativus*, espèce qui ne produit pas de glucosides cyanogénétiques, chez les *Vicia macrocarpa* et *sativa*, plantes qui élaborent un glucoside cyanogénétique voisin de l'amygdaline, la vicianine.

De ces expériences on ne peut pas conclure toutefois que, contrairement à ce qui se passe pour l'*Agrostemma Githago* mis en présence du glucoside qu'il produit, l'agrostemmasaponine, les plantes productrices de glucosides cyanogénétiques ne peuvent supporter au contact de leurs racines des solutions relativement peu concentrées du glucoside qu'elles produisent sans en souffrir. Les *Vicia* étudiés produisent en effet de la vicianine et non de l'amygdaline. Il se peut que les *Vicia*, qui sont si sensibles à l'action de l'amygdaline, puissent être cultivés dans des solutions de vicianine sans présenter de phénomènes de souffrance. Pour résoudre cette question il faudra refaire avec un glucoside cyanogénétique et l'espèce qui le produit les expériences qui ont été exposées plus haut et relatives à l'action de l'agrostemmasaponine sur l'*Agrostemma Githago*.

3° *Les expériences relatives à l'absorption des glucosides ont permis de mettre en évidence que, d'une part l'*Agrostemma Githago *ne peut absorber par ses racines l'agrostemmasaponine mise à sa disposition dans un milieu de culture, d'autre part le* Vicia sativa *qui est capable d'absorber par les racines des quantités appréciables de glucose, ainsi que le* Vicia macrocarpa, *sont incapables d'absorber de l'amygdaline.*

Dans les expériences relatives à l'agrostemmasaponine, plusieurs exemplaires d'*Agrostemma Githago* ont absorbé la presque totalité de l'eau et des sels constituant le liquide de culture mis à la disposition de leurs racines, laissant intacte l'agrostemmasaponine dans le milieu liquide qui se concentrait ainsi progressivement en glucoside. Les cellules superficielles de la racine d'*Agrostemma Githago* sont donc imperméables à l'agrostemmasaponine. Celles des racines de *Vicia macrocarpa* et *sativa* sont également imperméables à l'amygdaline.

Ces résultats viennent à l'appui de l'opinion de Pfeffer (1) et des faits mis en évidence par Bokorny (2). Pour Pfeffer la formation des glucosides serait un phénomène comparable à celui de la formation des polysaccharides, tous deux tendant à constituer des corps qui s'accumulent dans les cellules mais ne peuvent traverser les membranes cellulaires avant d'avoir été hydrolysés. Bokorny a montré, de son côté, en opérant sur l'arbutine et la salicine, que ces glucosides ne peuvent traverser par osmose les membranes protoplasmiques des cellules de levures.

---

(1) Pfeffer. *Loc. cit.*

(2) Bokorny. *Loc. cit.*

Les expériences relatives à l'absorption des glucosides montrent, au moins pour ce qui concerne les corps étudiés et les espèces végétales sur lesquelles ont porté les expériences, que l'on ne peut faire pénétrer ces substances à l'intérieur des tissus en les plaçant sous forme de solutions au contact des racines. Les résultats obtenus ne peuvent en rien faire préjuger du rôle que jouent les glucosides étudiés lorsqu'ils se trouvent à l'intérieur des tissus. Ils constituent seulement un renseignement dont il faut tenir compte dans le choix de la méthode de recherche à employer dans l'étude des questions qui nous occupent. Il est possible qu'on puisse faire pénétrer un glucoside à l'intérieur des tissus d'une plante déterminée en opérant sur des plantes privées de leur racine ou sur des rameaux isolés; il y a lieu de penser en effet que les substances qui sont arrêtées par la paroi que constituent les tissus externes de la racine peuvent pénétrer dans la plante par les sections faites sur les racines, la tige ou les rameaux.

C'est seulement lorsqu'on peut préciser l'évolution d'un principe immédiat à l'intérieur des tissus où il a déjà pénétré, qu'il est permis de tirer des déductions relatives au rôle qu'est susceptible de jouer ce principe dans les conditions naturelles. Le fait qu'il ne peut pénétrer par les racines, et même l'action nocive qu'il peut exercer sur ces organes, n'autorisent pas à conclure que lorsqu'il se trouve dans certains éléments cellulaires déterminés où il s'accumule normalement il joue un rôle nul ou constitue un déchet de l'activité cellulaire. Quand la substance à étudier a été mise au contact des racines sans pénétrer dans la plante on a étudié son action uniquement sur les racines et non sur l'ensemble de l'organisme végétal. L'action nocive qui peut être exercée dans ces conditions sur la racine montre que les cellules superficielles de cet organe ne peuvent supporter le contact de la substance sans être lésées, mais ne permet pas de déduire que le corps étudié exercerait la même action sur toutes les autres parties de l'organisme végétal, et que par conséquent ce corps lorsqu'il est accumulé normalement par la plante productrice en des éléments déterminés y constitue un déchet doué d'action toxique pour la plante. Ces déductions ne peuvent pas non plus être tirées du fait que la plante entière souffre du contact de ses racines avec le composé étudié ; dans ce cas encore la substance employée n'ayant pas pénétré dans l'organisme végétal, ce n'est pas sur l'ensemble de la plante que la substance agit mais sur un organe, la racine, dont la fonction, l'absorption, a été entravée; c'est alors que le corps étudié indirectement influe d'une manière défavorable sur la plante entière.

Bouchardat avait déjà noté ce mode d'action sur les plantes à propos des alcaloïdes ; il constatait que lorsqu'on fait agir des solutions d'alcaloïdes sur les racines des végétaux, ces alcaloïdes ne pénètrent pas dans les tissus ; il concluait que ces corps devaient être transformés ou agir par simple présence. En opérant sur le chlorhydrate de morphine par exemple, il remarquait en effet que ce sel « agit sur les racines, .éteint la vie des spongioles et arrête l'absorption. » D'une telle action on ne peut évidemment tirer aucune conclusion quant au rôle joué par la substance étudiée à l'intérieur de l'organisme producteur. Il ne paraît pas impossible en effet qu'un composé jouant un rôle utile lorsqu'il se trouve dans une partie déterminée de la plante, au voisinage des diastases susceptibles de le dédoubler, soit incapable d'être absorbé par les racines de la plante productrice et puisse même avoir une action nocive sur ces organes et entraver leur fonction d'absorption. Les résultats suivants dus à Ciamician et Ravenna mettent nettement en évidence la différence d'action exercée par une substance chimique sur l'organisme végétal suivant qu'on tente de la faire pénétrer par les racines ou qu'on l'introduit par une autre voie. Les auteurs qui ont étudié l'action des alcaloïdes sur les racines des plantes ont constaté que dans la plus grande partie des cas les plantes productrices d'alcaloïdes sont empoisonnées lorsqu'on place au contact de leurs racines les sels des alcaloïdes qu'elles contiennent. Ciamician et Ravenna ont inoculé à 25 pieds de Tabac une quantité considérable de nicotine (85 g.) sous forme de tartrate acide. Ils ont constaté que toutes les plantes qui avaient absorbé la nicotine par cette voie n'ont aucunement souffert. L'expérience montre donc que si les sels d'alcaloïdes sont toxiques pour les plantes lorsqu'on les met au contact de leurs racines, le tartrate de nicotine n'exerce aucune action nocive lorsqu'on l'inocule directement à l'intérieur des tissus du Tabac.

Ces faits doivent être pris sérieusement en considération lorsqu'on examine les résultats obtenus jusqu'à présent dans les expériences de culture de végétaux en présence de principes immédiats déterminés faites dans le but de contribuer à l'étude du rôle physiologique que jouent ces principes dans l'organisme des plantes qui les produisent.

4° *La saponine et l'amygdaline, ajoutées aux milieux de culture dans lesquels croissent les racines des végétaux, exercent par simple contact une action sur la formation de la substance sèche dans l'ensemble de la plante. Lorsque l'espèce végétale cultivée est différente de celle qui produit le glucoside employé (Pisum, Polygonum, Raphanus* soumis à l'action de l'agrostemmasaponine; *Raphanus, Vicia* soumis à l'action de l'amygdaline) *le contact du glucoside sur les racines se traduit par un affaiblissement de la production de la substance sèche. Lorsque l'espèce végétale cultivée est précisément celle qui produit le glucoside employé (Agrostemma* soumis à l'action de l'agrostemmasaponine), *le contact du glucoside sur les racines n'exerce aucune action retardatrice sur la production de la substance sèche dans l'ensemble de la plante, l'action est nulle ou peut être légèrement accélératrice.*

On voit que les expériences dont je viens de rendre compte ont eu pour résultat de mettre en évidence un certain nombre de faits relatifs : 1° à l'action des glucosides sur les végétaux, 2° à l'absorption de ces substances par les plantes. Les techniques employées n'ayant pas permis de faire pénétrer les glucosides dans les tissus des espèces étudiées, l'évolution des glucosides à l'intérieur de l'organisme végétal n'a pu être abordée. L'étude de cette question fera l'objet de recherches ultérieures ; les résultats de l'étude préliminaire qui vient d'être exposée permettent d'établir les conditions dans lesquelles ces recherches devront être entreprises.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche 1 (Tome 29)

Culture de plantes supérieures en milieu stérilisé. — I.

I. — *Différentes phases de la première technique de culture.* — En 1, flacon à culture démonté ; on voit, de gauche à droite : les deux capuchons de verre servant l'un à recouvrir la tubulure de la cloche, l'autre à recouvrir la tubulure latérale du flacon, le petit tube cylindrique creux destiné à être placé dans la tubulure centrale du flacon et dans lequel s'allongera la jeune plante, le flacon à culture, enfin la cloche destinée à recouvrir la tubulure centrale du flacon. En 2, flacon à culture venant d'être ensemencé. En 3, flacon à culture débarrassé de sa cloche et présentant une plante en voie de développement.

II. — *Transvasement aseptique du milieu de culture stérile dans un flacon à culture également stérile.* — *A*, support métallique à pince double ; *B*, support à pince simple ; *C*, flacon à culture recevant le liquide de culture stérile ; *D*, panier métallique destiné à maintenir le flaçon *C* ; *E*, tube de caoutchouc stérile servant à relier le ballon *H* contenant le liquide de culture et le flacon *C* dans lequel doit être transvasé ce liquide ; *F*, ampoule de verre ayant servi à obturer l'une des extrémités du tube de caoutchouc *E* ; *G*, verres destinés à recevoir les petits capuchons de verre qui protégeaient les tubes obturés au coton portés par l'autre extrémité des tubes de caoutchouc *E* ; *H*, ballon de 1500 c.c. de capacité, pourvu d'une tubulure latérale effilée et contenant le liquide de culture stérile ; *I*, capuchon de verre servant à protéger la tubulure latérale de flacon à culture *C* ; *J*, cristallisoir ; *L*, capuchon de verre servant à protéger le col de ballon *H*.

Planche 2 (Tome 29)

Culture de plantes supérieures en milieu stérilisé. — II.

I. — Support en bois contenant les flacons à culture débarrassés de leur cloche et présentant chacun une plante (Radis ou Chanvre) en voie de développement.

II. — *Action de l'agrostemmasaponine sur l'*Agrostemma Githago. — Photographie de jeunes Nielles cultivées, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop et dans ce liquide additionné d'agrostemmasaponine.

1 et 2, individus témoins développés en liquide de Knop non additionné d'agrostemmasaponine ; les autres individus se sont développés en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine pour les n^{os} 3 et 4, 0, 25 p. 1000 pour les n^{os} 5 et 6, 0, 50 p. 1000 pour les n^{os} 7 et 8, enfin 1 p. 1000 pour les n^{os} 9 et 10.

Planche 3 (Tome 29)

Action de la saponine sur les plantes supérieures.

I. — *Action de l'agrostemmasaponine sur le* Pisum sativum. — Photographie de *Pisum* cultivés, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop et dans ce liquide additionné d'agrostemmasaponine.

1. deux individus témoins développés en liquide de Knop non additionné d'agrostemmasaponine ; les autres individus se sont développés en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine pour les n^{os} 2, 0, 25 p. 1000 pour les n^{os} 3, 0, 50 p. 1000 pour les n^{os} 4, enfin 1 p. 1000 pour les n^{os} 5.

II. — *Action de l'agrostemmasaponine sur le* Raphanus sativus. — Photographie de *Raphanus* cultivés, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop et dans ce liquide additionné d'agrostemmasaponine.

1, deux individus témoins développés en liquide de Knop non additionné d'agrostemmasaponine ; les autres individus se sont développés en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine pour les n°s 2, 0,50 p. 1000 pour les n°s 3.

III. — *Action de l'agrostemmasaponine sur le* Polygonum Fagopyrum. — Photographie de *Polygonum* cultivés, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop et dans ce liquide additionné d'agrostemmasaponine.

1, individu témoin développé en liquide de Knop non additionné d'agrostemmasaponine; les autres individus se sont développés en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine pour le n° 2, 0, 50 p. 1000 pour le n° 3.

PLANCHE 14 (Tome 30)

Action de l'amygdaline sur le Vicia sativa. — Photographie de flacons à culture contenant des *Vicia* cultivés, en suivant la première technique :

1° en liquide de Knop (premier et deuxième flacon à partir de la gauche) ;

2° en liquide de Knop additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline (troisième et quatrième flacon) ;

3° en liquide de Molliard ne contenant pas d'azote minéral (cinquième et sixième flacon) ;

4° en liquide de Molliard additionné de 2 p. 1000 d'amygdaline (septième et huitième flacon).

PLANCHES 15 et 16 (Tome 30)

*Action de la saponine d'*Agrostemma Githago *sur l'*Agrostemma Githago. — Reproduction de dessins montrant en grandeur naturelle des *Agrostemma* cultivés, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop (0), et en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine (0, 10), de 0, 25 p. 1000 (0, 25), de 0,50 p. 1000 (0, 50), de 1 p. 1000 (1), de 2 p. 1000 (2), enfin de 10 p. 1000 de ce même glucoside (10).

PLANCHE 18 (Tome 30)

*Action de la saponine d'*Agrostemma Githago *sur le* Pisum sativum. — Reproduction de dessins montrant en grandeur naturelle des *Pisum* cultivés, en suivant la deuxième technique, en liquide de Knop (0), en liquide de Knop additionné de 0, 10 p. 1000 d'agrostemmasaponine (0, 10), de 0, 25 p. 1000 (0, 25), de 0, 50 p. 1000 (0, 50), enfin de 1 p. 1000 de ce même *glucoside* (1).

Au-dessous de chaque plante un fragment de racine grossi montre les détails de la surface de cet organe.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Laurent Rehfous. — **Etude sur les stomates.** (Thèse de la Faculté des Sciences de l'Université de Genève, n° 605, 9e Série, VIe Fascicule, 1917).

Ce travail consiste en une étude minutieuse de l'appareil stomatique dans un grand nombre de familles. Suivant les idées de M. Chodat, l'auteur attache une grande importance aux moindres détails de cet appareil qui, en beaucoup de cas, peuvent servir de bons caractères pour la classification. Tels sont : le nombre des cellules annexes, leur disposition, leur plus ou moins grande cutinisation, ainsi que la cutinisation des cellules de bordure, l'absence ou la présence de becs cutinisés chez ces dernières et enfin la plus ou moins grande prolifération des cellules annexes sous les cellules de bordure dans la chambre sous-stomatique.

Après avoir complété l'étude de divers types de stomates trop brièvement décrits par différents auteurs, M. Rehfous donne la description de nouveaux types de ces appareils découverts par lui tels que : *Polypodium, Platycerium, Cycas, Casuarina.*

Au point de vue pratique, le travail de M. Rehfous rend de grands services, car il permet de déterminer les diverses espèces de thés et de les distinguer des falsifications, notamment celles des feuilles de *Camelia* L. En effet les feuilles de *Camelia,* ainsi que les feuilles de *Thea* possèdent des sclérites de forme assez semblable, par contre la structure intime des stomates est nettement différente.

L'examen de nombreux types d'appareil stomatique mène l'auteur aux conclusions suivantes :

I. — Importance des caractères des stomates et des cellules épidermiques comme indices des relations qui existent entre différentes familles ou différents groupes.

II. — La structure du stomate à l'intérieur d'un groupe naturel possède en général une grande fixité, elle est bien plus l'expression des caractères ancestraux que le produit d'adaptation temporaire et locale.

III. — Tel ensemble de familles sera défini par une série de caractères plus ou moins importants et constants ; telle famille sera caractérisée par un tel caractère secondaire mais constant.

IV. — Avant de tirer une conclusion au point de vue phylogénétique il faut observer si on ne se trouve pas en présence de phénomènes adaptatifs.

V. — La famille des Amentacées se rapproche par la structure des stomates beaucoup plus des Dicotylédones que des Gymnospermes et des Ptéridophytes.

VI. — Les Polypodiacées constituent un groupe spécial. Les Osmondacées, Gleichéniacées, Schizéacées sont très voisines et se rapprochent des plantes supérieures.

VII. — L'analogie dans la structure des stomates des Conifères et des Cycadées amène à considérer ces deux familles comme de même origine.

VIII. — L'examen des stomates des Carynocarpacées confirme la classification d'Engler qui en fait une famille autonome voisine des Pentaphylaccacées et des Iliacées.

IX. — De même les Buxacées, Célastracées et Aquifoliacées doivent rentrer dans l'ordre des Sapindales établi par Engler.

X. — La structure des stomates des Casuarinées rappelle celle des Liliacées xérophytes et des Graminées.

XI. — L'examen des stomates des plantes inférieures, à l'inverse des idées de Porsch, qui les considérait comme arriérés et primitifs, montre qu'ils sont tout aussi compliqués et perfectionnés que ceux des Phanérogames.

XII. — Confirmation des conclusions de R. Chodat au sujet du développement des stomates et de la formation d'une lamelle moyenne pectosique, précédant le décollement et la division de la cellule-mère.

Mme Charles-Valentine Gatin

L. Daniel. — **Les symbiomorphoses ; nouvelles recherches sur l'hybridation asexuelle.** (*Revue bretonne de Botanique pure et appliquée*, 1917).

L'auteur, qui a déjà publié sur la greffe de nombreux travaux, s'occupe, dans le présent Mémoire, de diverses modifications des végétaux constatées à la suite de greffages, qu'il désigne sous le nom de « symbiomorphoses ».

Il distingue deux cas, suivant que les greffes sont faites entre espèces différentes ou portent sur des hybrides.

I) Symbiomorphoses entre espèces différentes

Cactées. — M. Daniel a fait des greffes d'*Epiphyllum* sur *Opuntia*, *Cereus* et *Peireskia*. Les greffes d'*Epiphyllum* contiennent moins de cristaux, moins d'acidité libre, moins de mucilage que les *Epiphyllum* témoins non greffés. Dans ces conditions l'*Epiphyllum* vit dans un milieu plus humide qu'à l'état normal ; il lutte contre ce milieu par une réduction de ses adaptations xérophytiques.

Vigne. — Les racines du sujet, *Vitis Riparia* sur lequel on a greffé le *Vitis vinifera* présentent des caractères intermédiaires pour la taille, l'épaisseur et la lignification des tissus, le caractère des rayons médullaires entre ceux des racines du *Riparia* franc de pied et du *Vinifera.*

Chou et Tomate. — Le Chou greffé présente un liber interne médullaire et des cellules à cristaux extrêmement ténus d'oxalate de chaux, caractères appartenant à la Tomate.

Conifères. — Dans une greffe de *Pinus Laricio* sur *Pinus silvestris*, les canaux résinifères du sujet sont plus gros, au niveau du bourrelet, que dans la partie située au-dessus et appartenant au greffon lui-même.

Le genre *Abies* ne présente pas de canaux sécréteurs dans le bois secondaire ; on en obtient si on prend comme sujet des *Picea* qui eux, ont dans leur bois secondaire de nombreux canaux, par exemple en greffant l'*Abies Parryana* Barrow ou encore l'*Abies Waitchii* Carr. sur le *Picea excelsa* Link.

II) Symbiomorphoses chez les hybrides

On peut, dans ce cas, obtenir des effets variés. Il peut y avoir retour au type des parents. Ainsi un Pommier de Reinette blanche avait été greffé avec un rameau de Reinette grise du Canada. Pendant plusieurs années il ne donna que des Reinettes grises. Puis une certaine année, et le fait se poursuivit les années suivantes, une branche présentait à la fois des Reinettes grises et des Reinettes blanches.

Pour la Vigne on a trouvé des faits du même type ; le greffon portant simultanément des grappes de raisin blanc et des grappes de raisin noir. On a même constaté qu'une même grappe pouvait avoir des grains blancs, des grains noirs, et des grains panachés ou cerclés de noir sur fond blanc.

On peut obtenir des atténuations ou des renforcements de caractères, par exemple diminution du goût forcé d'un vin ; supplément de résistance au phylloxera ou atténuation de la résistance à la chlorose. Ce ne sont pas seulement les fruits qui sont modifiés, dans le végétal, mais aussi, parfois, l'appareil végétatif ; des sarments entiers, par exemple, auront une coloration, un port rappelant des caractères du sujet. Mais souvent ces modifications sont temporaires et les caractères normaux du greffon réapparaissent.

Il y a parfois réapparition de caractères ancestraux. Cela surtout quand les formes greffées sont des hybrides déjà très complexes, ayant, par suite de la variété de leurs ancêtres, des tendances à présenter de nombreuses modifications. Détaillons un exemple.

En prenant le Chasselas rose comme père, et le *Rupestris* comme mère on obtient un hybride désigné sous le nom de 4401 Couderc. Le Sauvignon choisi comme père, donne, avec ce 4401 Couderc pris comme mère, un hybride nommé 4-13.

D'autre part avec la Folle blanche comme père et le *Riparia* comme mère on a l'hybride 24-23. Maintenant l'hybride obtenu où 24-23 est le père et 4-13 la mère est nommé 11-16 Baco.

Cet hybride a des feuilles qui rappellent surtout le père 24-23.

Or M. Baco a greffé cet hybride sur l'un de ses ancêtres le 4401 Couderc. Parmi les pieds obtenus, l'un, en particulier, avait des feuilles qui rappelaient celles du Chasselas rose et du Sauvignon, deux des ancêtres maternels dont les caractères étaient disparus.

Enfin il peut arriver que des caractères essentiellement nouveaux se montrent sous l'influence de sujets particuliers. Sur ce point M. Daniel renvoie à des travaux antérieurs relatifs à des Poires, mais ne cite pas lui-même d'exemple. Le lecteur aurait été heureux de trouver, ne fût-ce qu'un seul exemple, de ces faits si intéressants.

L'auteur conclut : « dans une même greffe on peut rencontrer des variations d'origines diverses qui se mélangent entre elles ou même empiètent les unes sur les autres. Tout ce qu'on peut dire, c'est que les symbiomorphoses sont presque toujours une résultante globale de facteurs physiques, chimiques et physiologiques nombreux. »

Assurément il est impossible, dans l'état actuel de la science, de préciser l'action de tel ou tel facteur morphogénique. Le problème est extrêmement complexe, et il faudra encore de nombreuses recherches pour élucider les problèmes relatifs à la greffe et à ses effets.

Mais l'auteur n'en aura pas moins le mérite d'avoir mis en lumière un grand nombre de *faits* dont on ne pourra pas se dispenser de tenir compte dans les explications susceptibles d'être données.

Léon Dufour

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.

L'ABBÉ FÉLIX-CHARLES HY

(1853-1918)

La mort de l'abbé Hy met en deuil l'Université catholique d'Angers, dont il fut pendant quarante ans le professeur de Botanique. La *Revue* perd en lui un ancien et dévoué collaborateur ; l'Anjou voit disparaître un naturaliste qui a dignement continué les traditions des Bastard, des Desvaux, des Guépin, des Boreau.

Félix-Charles Hy naquit le 12 mai 1853 dans l'arrondissement de Baugé, à Mouliherne, où son père était instituteur. C'est à l'Institution libre de Combrée (Maine-et-Loire) qu'il fit ses humanités ; c'est là qu'il eut la bonne fortune de rencontrer un de ces maîtres qui exercent sur la vocation d'un enfant une influence décisive. L'abbé Ravain l'initia à l'étude des plantes, voire même à celle des Mousses, et lui donna le goût des Sciences naturelles, surtout de la Botanique (1).

Il venait de passer ses examens de licence à Rennes, où il avait été l'élève très apprécié du professeur Sirodot, quand Mgr Freppel l'appela à occuper la chaire de Botanique à la Faculté libre des Sciences d'Angers (1877). Tout était à organiser : enseignement, laboratoires, collections, jardin botanique ; le jeune professeur se mit à l'œuvre avec ardeur. Les loisirs, que lui laissait l'enseignement, furent consacrés à des herborisations qui contribuèrent pour une large part à faire mieux connaître la flore angevine et à former des naturalistes (2).

Le botaniste, dont on va retracer brièvement la vie scientifique, fut d'une activité vraiment extraordinaire ; en parcourant son œuvre, on constate qu'il n'est pas une parcelle du vaste domaine de la Botanique, où l'abbé Hy n'ait exercé cette activité et marqué son passage par des observations savantes et souvent nouvelles. Esprit d'observation, analyse patiente et scrupuleuse, critique rigoureuse et sévère des faits, il posséda ces qualités qui font le bon naturaliste. Mais toujours il s'éleva au-dessus des faits, s'efforça de les coordonner, de faire servir les résultats, acquis par l'observation et l'expérience, aux progrès de la classification des végétaux.

---

(1) Voir à ce sujet : F. Hy. *Fontinalis Ravani* n. sp. (*Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers*, 1882).

(2) Cinq notes sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers ont paru, de 1880 à 1891, dans les *Mémoires de la Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers*.

Nous trouvons déjà ces qualités dans ses premières notes et surtout dans la thèse de doctorat qu'il soutint, en juillet 1884, devant la Faculté des Sciences de Paris, et qui a pour titre : *Recherches sur l'archégone et sur le développement du fruit des Muscinées* (1). « Les observations consignées dans ce mémoire furent faites au laboratoire des Facultés catholiques d'Angers sur les plantes de l'Ouest de la France, étendues aux espèces de la région méditerranéenne au laboratoire de recherches du Jardin des plantes de Montpellier, enfin complétées au laboratoire d'organographie et de physiologie du Muséum d'histoire naturelle de Paris (2). L'auteur reçut de M. Ch. Flahault et de Van Tieghem le plus bienveillant accueil. Dans cette thèse le bryologue s'affirme par la connaissance approfondie des genres et espèces de *Mousses*, de *Sphaignes*, d' *Hépatiques* qu'il a observés, par l'étude du développement et la discussion de la valeur de l'archégone, par l'application de ses résultats à la classification générale des Muscinées. Il suffit d'ailleurs de relire ses notes d'herborisations et les travaux que M. G. Bouvet a publiés sur les *Muscinées du Département de Maine-et-Loire*, pour juger de l'importante contribution que les recherches de l'abbé Hy ont apportée à la connaissance des Muscinées de l'Anjou.

Les *Lichens*, spécialement les *Phycolichens*, si fréquents et variés sur les schistes et calcaires anciens et sur les roches éruptives de l'Anjou, ont été décrits par M. Hy dans une note parue en 1893 et dans laquelle il se montre partisan de l'association symbiotique de l'Algue et du Champignon. A diverses reprises, vu sa grande compétence, on le chargea de rédiger, pour les sessions extraordinaires de la Société botanique de France, les comptes-rendus des excursions lichénologiques (1886, 1888). Ajoutons que c'est sur les conseils et guidé par la longue expérience de son savant professeur, que M. l'abbé Bioret a entrepris l'étude des *Graphidés*.

---

(1) Ce mémoire a paru dans les *Annales des Sc. nat.*, 6^{e}-série, *Botanique*, t. XVIII, pp. 105-206, pl. 9-14.

(2) *Ibid.*, p. 202.

Vers 1888 et les quelques années suivantes, M. Hy fit partie des excursions que le célèbre algologue Bornet organisait au Croisic pendant les vacances et où se rendaient MM. Flahault, Gomont, Guignard et Sauvageau, ce dernier ancien élève de l'abbé Hy (1). Un nouveau genre d'Algue perforante (g. *Hyella*) fut dédié, en 1888, par Bornet et M. Flahault, au savant cryptogamiste d'Angers (2).

Membre de la Société mycologique de France, il s'intéressa de tout temps à l'étude des Champignons. Ses « *Indications pratiques sur les champignons comestibles de l'Anjou* » révèlent la science du mycologue et aussi le rare talent d'intéresser le public et de mettre les connaissances théoriques à la portée de tous.

Ce talent d'exposition apparaît nettement dans les conférences publiques, très suivies, qu'il eut l'occasion de donner à l'Université d'Angers sur les sujets les plus divers : rôle des infiniment petits dans la nature et conseils pratiques sur l'utilisation des crues de la Loire, étude des maladies parasitaires des arbres, aperçus sur la géographie botanique et l'évolution dans le passé du règne végétal (3). Il fut de ceux qui, selon la recommandation du Maître « ne mettent pas leur lumière sous le boisseau. » Il était heureux de communiquer à ses élèves et amis son zèle ardent pour la Botanique, aussi les excursions du jeudi sont-elles demeurées classiques parmi les anciens de la Faculté.

Certaines études restent cependant théoriques par la force des choses, telles les études remarquables sur les *Characées* qui ont contribué pour beaucoup à faire mieux connaître leur organisation, leur développement, leurs tribus et leurs genres, la place de cette famille dans la classification générale et sa distribution géographique en France (4). M. Hy s'est occupé de ce sujet jusqu'à la fin de sa vie.

---

(1) Cf. Ch. Flahault. Herborisations algologiques d'automne au Croisic (Loire-Inférieure). (*Bull. Soc. bot. de France*, t. XXXV ; 2e série, t. X ; p. 378, 1888).

(2) Bornet et Flahault. Sur deux nouveaux genres d'algues perforantes. (*Journal de Botanique*, n° du 16 mai 1888, t. II, p. 162).

(3) Ces conférences ont paru dans la *Revue des Facultés Catholiques d'Angers* en 1894, 1895, 1896, 1899, etc...

(4) F. Hy. Les Characées de France. (*Bull. Soc. bot. de France*, t. LX, 1913, Mém. 26 ; 47 pages et 3 planches).

Il a d'ailleurs signalé également des faits dignes d'intérêt sur les *Cryptogames vasculaires*, sur les *Isoetes*, *Is. Violllæci*, n. sp. du Centre ; sur les *Equisetum*, leurs formes, leur distribution en Anjou et dans l'Ouest ; on lui doit la découverte de l'*Equisetum littorale* en Maine-et-Loire (1887), etc. etc.

Il connaissait dans le détail la flore de l'Ouest, surtout de la région angevine et de la Vendée. Il a écrit, sur l'Anjou et sa flore, ces lignes suggestives : « Sa position géographique au centre de régions disparates constitue une des conditions principales de la richesse de sa flore qui est essentiellement une flore de transition. Tandis que les landes et les tourbières de l'Ouest présentent la physionomie propre de la Bretagne, la végétation méridionale étale une partie de ses richesses dans les plaines du Saumurois ; plus d'une espèce des coteaux de Normandie se retrouve sur notre plateau calcaire de Baugé, et maintes fois descendues des montagnes de l'Auvergne, certaines plantes, suivant le cours de la Loire, sont venues s'acclimater sur ses rives... (1) » Toutes les localités de l'Anjou ont fait l'objet de ses recherches et de ses excursions. Pas un fait se rapportant à la Biologie végétale ne l'a laissé indifférent. Les formes et espèces nouvelles, les faits de polymorphisme floral, d'hybridation, qu'il s'agît des plantes herbacées *(g. Polygonum, g. Tulipa, g. Orchis, g. Ophrys)* ou de végétaux ligneux *(g. Rosa, g. Quercus, g. Salix)*, ont attiré tour à tour son attention et ont été signalés dans diverses revues scientifiques. En même temps qu'il observait les plantes sur le terrain, il faisait des cultures comparées des formes ou espèces critiques dans le jardin botanique qu'il avait créé ; il n'hésitait pas à entreprendre de longs voyages pour se rendre compte par lui-même des conditions biologiques de telle ou telle espèce de Tulipe, de Rose, dont il étudiait les origines.

Il est très regrettable que, par modestie ou scrupule scientifique exagéré, il n'ait pas donné suite à son projet d'écrire un travail de synthèse sur la flore de l'Anjou. Il faut dire que, depuis de longues années, plusieurs attaques de paralysie avaient diminué son activité physique ; depuis 1907 il se voyait obligé de renoncer même aux petites excursions autour d'Angers, et ce fut là pour lui un très grand sacrifice. A force d'énergie il venait encore à la Faculté pour y donner ses cours, déterminer les plantes que divers correspondants de France, d'Angleterre, d'Italie lui envoyaient. Il avait peine à se rendre à l'arboretum de la Maulévrie. Il avait l'intention de publier les résultats de longues observations, faites avec son ami Allard, sur les Chênes, les Conifères de cet arboretum. Sa maladie, qui s'aggrava subitement en août dernier, ne lui permit point d'exécuter ce projet et le força à quitter définitivement son laboratoire. Sur sa table de travail nous avons trouvé des Characées de Grande Bretagne qu'il déterminait et une note qu'il achevait sur la classification des Gymnospermes.

---

(1) F. Hy. *op. cit.* Herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers en 1880.

Il laisse à ses élèves et amis le souvenir d'un absolu dévouement, d'une énergie de caractère peu commune dans la maladie et dans la souffrance, l'exemple d'une vie consacrée à la recherche désintéressée de la vérité scientifique et à la cause de l'enseignement supérieur libre, dont il fut, à la suite de Lapparent et de Boulay, l'un des naturalistes les plus distingués et l'un des plus dignes serviteurs.

Abbé A. CARPENTIER

LISTE DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES DE M. HY

1880

1. De la structure de la tige dans les Mousses de la famille des Polytrics. *(Bull. Soc. bot. de France,* t. XXVII, pp. 106-112).

2. Note sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers. *(Mém. Soc. nat. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers,* t. XXII, pp. 68-88).

1881

3. Le parasitisme végétal. *(Revue de l'Anjou,* 31 pages).

4. Un cas de polygamie observé dans la Bryone commune. *(Mém. Soc. nat. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers,* t. XXIII, pp. 134 144).

5. Deuxième note sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers. *(Ibid.,* pp. 289-314).

1882

6. Troisième note sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers. *(Ibid.,* t. XXIV, pp. 327-340).

7. *Fontinalis Ravani* nov. sp. *(Ibid.,* pp. 127-137).

1884

8. Recherches sur l'archégone et sur le développement du fruit des Muscinées. *(Ann. Sc. nat.,* 6e série, *Bot.,* t. XVIII, pp. 105-206 ; pl. 9-14).

9. Tableaux analytiques de la Flore d'Angers, 1• partie, Phanérogames. *(Mém. Soc. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers,* 176 pages).

1885

10. Sur le dimorphisme floral de quelques espèces du genre *Polygonum. (Rev. de Bot.*, t. IV, pp. 87-89).

1886

11. Sur quelques végétaux rares cultivés dans l'arboretum de M. G. Allard, à Angers. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. XXXIII ; 2e série, t. VIII ; pp. 221-223).

12. Note sur les lichens recueillis à la session de Millau. *(Ibid.,* pp. CXV-CXIX).

1887

13. Quatrième note sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers. *(Mém. Soc. nat. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers*, 4• série, t. I, pp. 59-77).

14. Remarques sur le genre *Microchoete* Thuret... *(Journal de Botanique*, t. I, pp. 193-198).

1888

15. Note sur les lichens recueillis aux environs de Quillan (Aude). *(Bull. Soc. bot. de France,* 2• série, t. X ; t. XXXV, pp. CXXXVI-CXXXVIII).

1889

16. Sur les modes de ramification et de cortication dans la famille des Characées. *(Ibid.,* t. XXXVI, pp. 394-398).

17. Sur les procédés pour représenter la distribution géographique des plantes. *(Journal de Botanique,* t. III, pp. 306-312).

1890

18. Sur les caractères généraux de la famille des Characées et leur importance taxonomique. *(Rev. de Bot.,* t. VIII, pp. 25 à 47).

19. Sur quelques Characées récoltées à la session de la Rochelle. *(Bull. Soc. bot. de France,* t. XXXVII, pp. XLVII-L).

20. Sur les *Equisetum* de la section *Hippochæte* croissant dans l'Ouest de la France. *(Ibid.*, t. XXXVII, pp. LI-LXII).

1891

21. Compte-rendu in Session extraordinaire à Collioure. *(Ibid.,* t. XXXVIII, pp. CX-CXIV).

22. Sur l'invasion en Anjou du *Peridermium. (Mém. Soc. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers,* 4• série, t. V, pp. 63-77).

23. Cinquième note sur les herborisations de la Faculté des Sciences d'Angers, *(Ibid.,* 20 pages).

1892

24. Les préjugés sur les Champignons. *(Revue des Facultés catholiques,* t. I, pp. 290-307).

25. Essai sur les Lichens de l'Anjou. *(Mém. Soc. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers,* 4• série, t. VI, pp. 337-373).

1893

26. A propos de la miellée de 1893. *(Ibid.,* t. VII, pp. 302-311).

27. Sur le rôle des petits êtres... *(Revue des Facultés catholiques*, t. II, pp. 750-770).

28. Notes in Société pour l'étude de la Flore française. (2^me^ *Bulletin, Herbier Boissier*, App. II ; vol. I, 1893, p. 11).

29. Sur l'*Isoetes tenuissima* Boreau. *(Journal de Botanique*, t. VII, pp. 426-434).

1894

30. Notes sur les *Isoetes* amphibies de la France centrale. *(Ibid.*, t. VIII, pp. 92-98).

31. Les inflorescences en botanique descriptive. *(Rev. gén. de Bot.*, t. VII, pp. 385-438).

32. La rouille du Poirier. *(Revue des Facultés catholiques*, t. IV, pp. 757-775).

1895

33. Muscinées rares ou nouvelles pour l'Anjou. (*Congrès scientifique d'Angers*, 1895).

34. Sur quelques Chênes hybrides observés aux environs d'Angers. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. XLII, pp. 552-559).

35. Observations sur le *Medicago media* Persoon. *(Journal de Botanique*, t. IX, pp. 429-432).

36. Les Roses. *(Revue des Facultés catholiques*, déc. 1895, t. V, pp. 225-247).

37. Indications pratiques sur les champignons comestibles de l'Anjou. *(Mém. Soc. d'Agr., Sc. et Arts d'Angers*, 4^e^ série, t. VIII, pp. 150-186 et t. IX, pp. 140-163).

1897

38. Les Oronges de l'Anjou. *(Ibid.*, 4^e^ série, t. X, pp. 211-217).

39. Sur quelques arbres des *g. Salix* et *Quercus* des environs de Barcelonnette. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. XLIV ; 3^e^ série, t. IV. pp. CXXXII-CXXXV).

1898

40. Sur les variations de l'*Equisetum arvense*. *(Ibid.*, t. XLV, pp. 397-403).

41. Sur les Lavandes cultivées dans les jardins. *(Rev. gén. de Bot.*, t. X, pp. 49-55).

1899

42. La terre végétale. *(Revue des Facultés catholiques*, fév. 1899, t. VI, pp. 305-321).

1900

43. Notes in *Mémoires Herbier Boissier*.

44. *Orchis pseudomilitaris*. *(Arch. Congrès internat. Bot.*, pp. 362-365).

1902

45. De l'anthèle. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. XLIX ; 4^e^ série, t. II ; pp. XVI-XIX).

1903

46. Sur les Ulex de l'Ouest ; sur les plantes adventices de la vallée de la Loire. A. F. A. S. Comptes-rendus, 1^e^ partie, pp. 206 et 216.

47. Végétation de l'Anjou in : Angers et l'Anjou, pp. 150-160.

1904

48. Sur les roses hybrides de l'Anjou. *(Journal de Botanique*, t. XVIII, pp. 64-76).

49. Note sur la découverte à Angers d'une espèce nouvelle *Spergularia advena. (Bull. Soc. bot. de France*, t. LI, pp. 335-338).

50. Aperçu historique sur la rouille des blés. *(Bull. Soc. industr. et agricole d'Angers*, 75e année, pp. 65-74).

1907

51. La géographie botanique et la végétation de la France. *(Revue des Facultés catholiques*, t. XVI, pp. 183-196).

1909

52. Note sur le *Spergularia Dillenii* Lebel. *(Journal de Botanique*, 2e série, t. II, pp. 71-76).

53. Note sur l'*Amanita junquillea. (Bull. Soc. mycologique de France*, t. XXV, 2e fasc., pp. 123-124).

54. Sur une forme stérile de *Cardamine hirsuta* L. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. LVI (4e série, t. IX), pp. 210-213).

55. Sur quelques *Polygonum* hybrides. *(Ibid.*, pp. 542-548).

1910

56. Observations sur le *Juniperus communis* L. *(Ibid.*, t. LVII, pp. 534-538).

1912

57. Les langues vulgaires et la nomenclature scientifique. *(Revue des Facultés catholiques*, t. XXI, pp. 587-592).

58. Recherches sur le *Tulipa sylvestris. (Bull. Soc. bot. de France*, t. LIX, (4e série, t. XII), pp. 302-310, 381-385).

1913

59. Etude sur les *Spergularia. (Rev. gén. de Bot.*, t. XXV, pp. 145-152 et 308-316).

60. Floraisons anormales dans la région d'Angers. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. LX (4e série, t. XIII), pp. 18-19).

61. Les Characées de France. *(Ibid., Mém.* 26).

1914

62. Observations sur les *Ulex* de l'Ouest de la France. *(Rev. gén. de Bot.* t. XXV bis, pp. 345-358).

63. Les Characées de France, note additionnelle. *(Bull. Soc. bot. de France*, t. LXI (4e série, t. XIV), pp. 235-241).

1914

64. Les plantes de la passion. *(Rev. Facultés cath. de l'Ouest*, 32 pages).

VARIATION
DES SUBSTANCES HYDROCARBONÉES
DANS LES FEUILLES

par M. Émile MICHEL-DURAND

(suite)

Mêmes considérations pour le poids sec des feuilles d'*Ampelopsis* que pour celui des feuilles de *Fagus;* la diminution est graduelle et continue de juillet à octobre.

2° Les sucres réducteurs augmentent progressivement de juillet à la fin septembre, époque à laquelle ils atteignent leur maximum. Ce maximum correspond précisément au début de la coloration rouge des feuilles d'*Ampelopsis;* les sucres réducteurs diminuent ensuite et le 20 octobre les feuilles n'en renferment guère que la moitié de la quantité qu'elles contenaient à la fin de septembre ; les feuilles viennent alors de tomber et sont complètement rouges.

3° Les sucres non réducteurs suivent, dans les feuilles d'*Ampelopsis,* la même loi que les sucres réducteurs. Augmentation graduelle et très sensible de juillet à fin septembre, époque à laquelle les feuilles commencent à rougir ; puis les sucres tombent rapidement dans l'espace de 20 jours au 1/3 environ de leur valeur maxima ; les feuilles sont alors fortement rouges et viennent de tomber.

4° Nous pouvons répéter pour les glucosides exactement ce que nous avons dit pour les sucres : augmentation progressive et appréciable de juillet à fin septembre, époque à laquelle le pigment rouge commence à apparaître, puis diminution rapide des composés glucosidiques qui tombent à la moitié environ de leur valeur dans l'espace de quelques jours, dans les feuilles rouges venant de se détacher. Par suite, pour les feuilles d'*Ampelopsis,* les sucres réducteurs, non réducteurs, les glucosides, suivent exactement la même loi.

5° Les dextrines diminuent d'une façon continue de juillet à octobre. A ce moment, les feuilles rouges tombées n'en renferment guère que les 2/3 de la quantité contenue dans les feuilles vertes de juillet.

6° Dans aucun des lots de feuilles analysés, l'analyse n'a permis de mettre en évidence la présence de quantités appréciables d'amidon.

7° Les substances amyloïdes subissent une diminution rapide et continue de juillet à octobre. D'abord insensible, la disparition des amyloïdes s'accélère ensuite rapidement et du 15 au 29 septembre ces composés tombent à la moitié environ de la quantité primitive; la diminution continue dans la suite, mais se ralentit beaucoup. Cette période de digestion rapide des amyloïdes précède immédiatement le rougissement des feuilles.

Mêmes considérations pour les celluloses plus condensées.

TABLEAU III

FEUILLES DE *BETULA ALBA*

I. — RÉSULTATS DES ANALYSES, EN GRAMMES, RAPPORTÉS A 1000 FEUILLES

DATES DES RÉCOLTES	SUCRES SOLUBLES				TOTAL DES SUCRES SOLUBLES	Glucosides	SUCRES INSOLUBLES			TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES	TOTAL DES SUCRES SOLUBLES ET INSOLUB.	POIDS SEC DE 1000 FEUILLES
	Réducteurs	Non réduct.	Non dédoublés par l'invertine	Dextrines			AMIDON	Amyloïdes	HEMICELLULOSES			
9 Mai. *f. vertes.*	1,810	0,830	0	0,231	2,871	6,187	0,290	1,045	1,649	2, 984	12, 042	44, 875
11 Sept^{emb}. *f. vertes.*	3,600	1,310	0	0,310	5,220	10,480	0,398	2,716	1,800	4, 914	20, 614	95, 900
28 Octobre. *f. jaunes.*	3,765	1,244	0	0,166	5,175	7,906	traces	2,800	1,868	4, 668	17, 749	75, 700
30 Octob. *f. tombées.*	2,750	1,120	0	0,130	3,000	6,680	0	2,600	2,372	4, 972	15, 652	64, 400

II. — RÉSULTATS DES ANALYSES RAPPORTÉS A 100 GR. DE SUBSTANCE SÈCHE

DATES DES RÉCOLTES	Réducteurs	Non réduct.	Non dédoublés par l'invertine	Dextrines	TOTAL DES SUCRES SOLUBLES	Glucosides	AMIDON	Amyloïdes	HEMICELLULOSES	TOTAL DES SUCRES INSOLUBLES	TOTAL DES SUCRES SOLUBLES ET INSOLUB.
9 Mai. *f. vertes.*	4,033	1,849	0	0,514	6,396	13,790	0,646	2,328	3,670	6, 644	26, 830
11 Sept^{emb}. *f. vertes.*	3,750	1,364	0	0,323	5,437	10,930	0,416	2,832	1,870	5, 118	21, 485
28 Octobre. *f. jaunes.*	4,973	1,643	0	0,220	6,836	10,440	traces	3,700	2,460	6, 160	23, 436
30 Octob. *f. tombées.*	4,270	1,739	0	0,202	6,211	10,300	0	4,030	3,700	7, 730	24, 241

CHAPITRE III

FEUILLES DE *BETULA ALBA*

Les analyses ont porté :

1° sur des jeunes feuilles ;

2° sur des feuilles vertes de septembre ;

3° sur des feuilles jaunes ;

4° sur des feuilles tombées ayant éprouvé l'influence des premières gelées.

Le tableau III résume les résultats obtenus.

On en peut tirer les indications suivantes :

1° Le poids sec des feuilles de *Betula*, très faible dans les jeunes feuilles qui sont entièrement gorgées d'eau, augmente de façon très sensible jusqu'en septembre, époque à laquelle il est plus du double de ce qu'il était en mai ; puis, comme pour les feuilles de *Fagus* et d'*Ampelopsis* que nous avons déjà étudiées, le poids sec diminue graduellement et, dans les feuilles tombées, il n'est plus guère que les 2/3 de ce qu'il était en septembre.

2° Les sucres réducteurs, de mai à octobre, augmentent du simple au double ; ils présentent leur maximum fin octobre, dans les feuilles jaunes qui se trouvent ainsi être plus riches en sucres réducteurs que les feuilles vertes. Ce maximum ne persiste pas longtemps et, dans l'espace de quelques jours, le 1/3 des sucres réducteurs disparaît, de sorte que les feuilles tombées en contiennent beaucoup moins que les feuilles jaunes.

3° Il en est de même des sucres non réducteurs qui présentent leur maximum en septembre dans les feuilles vertes et diminuent ensuite graduellement.

4° Le maximum des glucosides coïncide avec le maximum des sucres réducteurs ; leur diminution est ensuite très rapide de septembre à fin octobre et l'épuisement se continue même après la chute, les feuilles tombées étant plus appauvries en principes glucosidiques que les feuilles jaunes.

5° Quant aux dextrines, elles sont au maximum en septembre et suivent le même sort que les glucosides.

6° L'amidon existe en quantités appréciables dans les feuilles vertes de la fin de l'été, à l'état de traces seulement dans les feuilles jaunes et, dans les feuilles brunes, l'analyse n'en décèle plus aucune trace. Cette brusque disparition du polysaccharide en octobre est certainement en relation avec les basses températures d'automne.

7° Quant aux celluloses, il y a une distinction à faire entre les substances amyloïdes et les celluloses proprement dites. Tandis que les amyloïdes présentent leur maximum en octobre, dans les feuilles jaunes, les celluloses plus condensées paraissent suivre une autre loi. Le tableau précédent montre que ces dernières augmentent d'une façon continue jusqu'au moment de la chute des feuilles. Les feuilles tombées présentent par suite une teneur maximum en ces polysaccharides.

CHAPITRE IV

COMPARAISON DES INDICATIONS OBTENUES EN RAPPORTANT LES RÉSULTATS D'UNE PART A 1000 FEUILLES D'AUTRE PART A 100 GR. DE POIDS SEC

Si on considère les résultats des analyses rapportés, non plus à un nombre déterminé de feuilles, mais à 100 gr. de poids sec, c'est-à-dire la deuxième partie de chacun des tableaux I, II, III, on remarque que les indications que l'on peut en tirer sont sensiblement différentes de celles que nous avons déduites de l'examen des résultats rapportés à un nombre connu de feuilles. Comparons tout d'abord, dans le tableau I, les première et deuxième parties. Les lois de variations ne se trouvent pas dans le même sens dans plusieurs cas.

Certaines égalités sont détruites, les maxima sont déplacés. Soit par exemple la variation de l'amidon ; elle serait d'après la deuxième partie du tableau I : maximum en septembre, diminution en octobre dans les feuilles encore vertes, *légère hausse de la substance amylacée dans les feuilles jaunes*. Le maximum absolu de l'amidon en septembre nous surprend déjà ; les conditions de formation des sucres et de leur mise en réserve par condensation commencent à devenir défectueuses par suite de l'abaissement de température et d'une diminution considérable de l'intensité lumineuse ; de toute façon les conditions de mise en réserve sont bien moins favorables en septembre qu'en juin.

Mais le maximum relatif de l'amidon dans les feuilles jaunes qui ont supporté des températures relativement basses est en contradiction flagrante avec le fait bien connu et maintes fois constaté de la dissolution de l'amidon sous l'influence du froid, et ne peut par suite être accepté.

Au point de vue du problème qui nous occupe, comme l'ont déjà fait remarquer Wehmer et R. Combes, les résultats obtenus en fonction d'un nombre déterminé de feuilles sont de beaucoup les plus intéressants et font loi. Ceux qu'on pourrait obtenir en fonction de 100 gr. de substance sèche ne nous renseignent nullement sur la teneur absolue des feuilles en leurs divers hydrates de carbone, aux époques considérées ; ils nous donnent seulement les proportions des divers hydrocarbonés par rapport à la somme de toutes les autres substances qui y sont contenues à ce moment. Un exemple fera immédiatement comprendre la différence essentielle qui existe au point de vue des résultats entre les deux sortes de tableaux et nous montrera l'importance de l'erreur signalée par Wehmer et R. Combes.

On sait qu'à la fin de la végétation, les feuilles s'enrichissent en produits divers d'oxydation, surtout en oxalate de chaux. Les feuilles riches en cristallisations de cette nature présenteront, toutes choses égales d'ailleurs, un poids sec plus élevé que celles qui en seront plus ou moins dépourvues; elles pourront avoir une teneur identique en sucres et cependant, le seul fait d'une plus ou moins grande abondance d'inclusions cristallines d'oxalate de chaux, se traduira dans les résultats calculés en fonction de la substance sèche, par une diminution des sucres.

Pour toutes ces raisons, je n'insisterai pas davantage sur les résultats que je viens d'exposer et qui sont exprimés en fonction de 100 gr. de poids sec, et mes conclusions porteront exclusivement sur les résultats exprimés en fonction de 1000 feuilles.

(A suivre)

TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. I. — Etude *préliminaire* (avec onze figures dans le texte et sept planches) *(suite)*, par M. Raoul Combes 5, 33, 70, 106, 146, 177, 226, 245, 283, 321, 355

Développement primaire du Mildiou *(Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre (avec cinq figures dans le texte et douze pl.) *(suite)*, par M. Jakob Eriksson. 16, 50

Ptychomitrium subcrispatum Thér. et P. de la V. *(Spec. nov. natalensis)* (avec une planche), par M. R. Potier de la Varde . . 65

Les semences des plantes adventices, leur importance dans les analyses des semences, par M. Louis François. 97

Le *Reboulia* Raddi (avec cinq figures dans le texte), par MM. Ch. et R. Douin. 129

Sur la signification du chondriome (avec treize planches), par M. A. Guilliermond 161

Contribution à l'étude des variations de la respiration des végétaux avec l'âge, par M. G. Nicolas 209

Action des sels neutres sur l'inversion du sucre par les acides, par M. H. Colin et Mlle M. Lebert. 241

Rôle de l'hétérocyste des Nostocées, par M. Jean Turchini. . . . 273

De l'influence des neiges sur la répartition des différents végétaux à même altitude dans les zones élevées des Pyrénées, par M. Joseph Bouget. 305

Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles (avec sept figures dans le texte), par M. Emile Michel-Durand (1) . 337, 377

Sur trois Mousses inédites de la Chine orientale (avec trois figures dans le texte), par M. R. Potier de la Varde 346

L'abbé Félix-Charles Hy (1853-1918), par M. A. Carpentier . . . 369

---

(1) La fin de ce Mémoire paraîtra dans le volume de 1919.

TABLE DES NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Alvarado, Salustio. Plastosomas y leucoplastos en algunas Fanerogamas 333

Annuaire international de statistique agricole (1907 à 1916) . . . 157

Armstrong, S. F.. British grasses and their employment in agriculture 239

Blas Lazaro e Ibiza. Los Poliporaceos de la Flora espanola . . . 159

Bonaparte, Prince R.. Notes ptéridologiques. 126

Braun-Blanquet, J.. Die Föhrenregion des Centralalpentäler insbesondere Graubündens in ihrer Bedeutung für die Florengeschichte. 208

Brooks, S.-C.. A new method of studying permeability 63

Cheveley Rayner, M.. Obligate symbiosis in *Calluna vulgaris* . . 64

Colani, Mlle M.. Recherches sur les premières phases du développement de quelques Combrétacées et Barringtoniées. 301

Daniel, L.. Les symbiomorphoses ; nouvelles recherches sur l'hybridation asexuelle 367

De Toni, G. B.. Nuove osservazioni di teratologia fiorale nella *Digitalis purpurea* L. 126

Doï, T.. Uber die Sonnen- und Schattenblätter einiger Baüme . . 126

Evrard, Francis. Les faciès végétaux du Gâtinais français et leurs rapports avec ceux du Bassin de Paris dans la région de Fontainebleau 93

Flora Batava. Afbeelding en Beschrijving der Nederlandsche gewassen. 238

François, Louis. Les semences des plantes cultivées et leur détermination 31

Gattefossé, R. M. et Lamotte L.. Culture et industrie des plantes aromatiques et des plantes médicinales de montagne 207

Gilkey, Helen M.. A revision of the Tuberales of California . . . 207

Guyot, Henry. Le *Gentiana lutea* L. et sa fermentation. 301

Harris, J. Arthur et Lawrence, John V.. Cryoscopic determinations on tissue fluids of plants of Jamaican coastal deserts 63

Hasselbring, Heinrich. Behavior of sweet potatoes in the ground . 302

Hotson, J.-W.. Notes on bulbiferous Fungi with a key to described species 64

Kendall, John N.. Abcission of flowers and fruits in the Solanaceæ, with special reference to *Nicotiana* 334

Kidston, R.. Contributions to our knowledge of British palæozoic plants. Part I. Fossil plants of the Scottish coal-measures. . . 304

Kidston, R., Cantrill T. C. et Dixon E. E. L.. The forest of Wyre and the Titterstone Clee Hill coal fields 335

Kidston, R. et Gwynne Vaughan. On the fossil Osmundaceæ, part V. 239

Kidston, R. et Lang W. H.. On the Old Red Sandstone plants showing structure, from the Rhynie chert bed, Aberdeenshire. . . 335

Mac Nair, James B.. Fats from *Rhus Laurina* and *Rhus diversiloba*. 32

Nakano, Harnfusa. Untersuchungen über die Entwickelungs-u. Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen 303

Nayrac, J.-Paul. Recherches anatomiques sur les Antirrhinées . . 125

Newell Arber, E. A.. A revision of the seed impressions of the british coal measures. 127

Newell Arber, E. A.. On the fossil floras of the Wyre forest, with special reference to the geology of the coalfield and its relationships to the neighbouring coal measure areas 128

Newell Arber, E. A.. On the fossil floras of the coal measures of South Staffordshire 238

Newell Arber, E. A. et Goode R.-H.. On some fossil plants from the devonian rocks of North Devon 238

Okamura. Contributiones novæ ad Floram Bryophyton Japonicam . 32

Pollacci, Gino. Sul carbonio delle piante verdi 272

Rehfous, Laurent. Etude sur les stomates. 366

Scott, D. H.. On *Medullosa pusilla*. 334

Seward, A. C.. Fossil plants. 205

Shin-Ichi Hibino. Effekt der Ringelung auf die Stoffwanderung bei *Cornus controversa* Hemtl 270

Van der Wolk, P. C.. Physiological researches concerning the latex problem 269

Winge, O.. The chromosomes. Their numbers and general importance 159

Yasurato Yendo. Injection experiments on plants 125

TABLE DES PLANCHES

CONTENUES DANS LE TOME TRENTIÈME

Planche 1. *Le chondriome dans la cellule animale.*

Planche 2. *Le chondriome dans la cellule végétale.*

Planche 3. *Le chondriome chez les Champignons. — Le chondriome dans l'œuf et dans le sac embryonnaire.*

Planche 4. *Mitochondries en voie de division. — Divers stades de mitoses.*

Planche 5. *Le chondriome observé sur le vivant.*

Planche 6. *Altération du chondriome. Formation de chondrioplastes au sein des chondriocontes dans la cellule animale.*

Planche 7. *Formation des chloroplastes aux dépens des chondriocontes.*

Planche 8. *Formation des globules graisseux au sein des chondriocontes.*

Planche 9. *Formation des grains d'amidon.*

Planche 10. *Rôle élaborateur des mitochondries dans les cellules animales et végétales.*

Planche 11. *Formation des pigments dans la cellule animale et dans la cellule végétale. I.*

Planche 12. *Formation des pigments dans la cellule animale et dans la cellule végétale. II.*

Planche 13. *Mitochondries granuleuses en voie d'élaboration. — Evolution du chondriome et du système vacuolaire.*

Planche 14. *Action de l'amygdaline sur le* Vicia sativa.

Planches 15 et 16. *Action de la saponine d'*Agrostemma Githago *sur l'*Agrostemma Githago.

Planche 17. Ptychomitrium subcrispatum *et* crispatum.

Planche 18. *Action de la saponine d'*Agrostemma Githago *sur le* Pisum sativum.

Planche 19. *L'hétérocyste des Nostocées.*

TABLE DES ARTICLES ORIGINAUX

PAR NOMS D'AUTEURS

BOUGET (Joseph). De l'influence des neiges sur la répartition des différents végétaux à même altitude dans les zones élevées des Pyrénées 305

CARPENTIER (A.). L'abbé Félix-Charles Hy (1853-1918) 369

COLIN (H.) et Mlle M. LEBERT. Action des sels neutres sur l'inversion du sucre par les acides 241

COMBES (Raoul). Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. I. — Etude préliminaire 5, 33, 70, 106, 146, 177, 226, 245, 283, 321, 355

DOUIN (Ch. et R.). Le *Reboulia* Raddi 129

ERIKSSON (Jakob). Développement primaire du Mildiou *(Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre. 16, 50

FRANÇOIS (Louis). Les semences des plantes adventices, leur importance dans les analyses des semences. 97

GUILLIERMOND (A.). Sur la signification du chondriome 161

LEBERT (Mlle M.). (Voyez COLIN H.).

MICHEL-DURAND (Emile). Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles (1) 337, 377

NICOLAS (G.). Contribution à l'étude des variations de la respiration des végétaux avec l'âge 209

POTIER DE LA VARDE (R.). *Ptychomitrium subcrispatum* Thér. et P. de la V. *(Spec. nov. natalensis).* 65

POTIER DE LA VARDE (R.). Sur trois Mousses inédites de la Chine orientale. 346

TURCHINI (Jean). Rôle de l'hétérocyste des Nostocées 273

---

(1) La fin de ce Mémoire paraîtra dans le volume de 1919.

TABLE GÉNÉRALE DES TOMES 21 A 30

ALLORGE (A.-Pierre). — Essai de géographie botanique des hauteurs de l'Hautie et de leurs dépendances (T. 25) . . . 417, 472

ARMAND (L.). — Recherches morphologiques sur le *Lobelia Dortmanna* L. (T. 24) 465

BEAUVERIE (J.). — Etude histologique et cytologique du *Merulius Lacrymans* « Champignon des maisons » (T. 21) . . . 449
— Action de la pression osmotique du milieu sur la forme et la structure des plantes (T. 23). 212
— Sir Joseph Dalton Hooker (T. 24) 207
— Edouard Strasburger (T. 24) 417, 479
— Les germes de rouilles dans l'intérieur des semences de Graminées (T. 25 *bis*). 11
— Les Muscardines, le genre *Beauveria* Vuillemin (T. 26). 81, 157

BERTEAU (A.) et Ed. SAUVAGE. — Contribution à l'étude du café (T. 27) 129

BERTHAULT (Pierre). — A propos de l'origine de la Pomme de terre (T. 22) 345
— Edouard Griffon, 1869-1912 (T. 25). 321
— Contribution à l'étude du Piétin des céréales pendant l'année 1913 (T. 25 *bis*) 29
— Edouard Prillieux (T. 28). 193

BIORET (G.). — Contribution à l'étude de l'apothécie chez les Graphidées (T. 26). 249

BLANC (L.). — Recherches expérimentales sur l'influence des variations de température sur la respiration des plantes (T. 28) 65

BLARINGHEM (Louis). — L'*Œnothera Lamarckiana* Seringe et les Œnothères de la forêt de Fontainebleau (T. 25 *bis*). . . 35

BLOCH (Mme E.). — Sur quelques anomalies de structure des plantes alpines (T. 22). 281

BOIS (D.). — (Voyez COSTANTIN).

BONNIER (Gaston). — Edouard Bornet (T. 24) 353
— L'œuvre de Philippe van Tieghem (T. 26) 353
— René Zeiller (T. 28) 353
— René Zeiller (fin) (T. 29). 5, 33, 73

Bonnier (Gaston) et Friedel (Jean). — Les vaisseaux spiralés et la croissance en longueur (T. 24). 385
— Sur les entre-nœuds de la fleur (T. 28) 161

Boudier (Em.). — De l'importance que l'on doit attacher aux gouttelettes oléagineuses contenues dans les spores chez les Discomycètes (T. 25 *bis*). 51

Bouget (Joseph). — Note sur la végétation de la bande septentrionale des terrains secondaires dans les Pyrénées (T. 22) . 213
— De l'influence des neiges sur la répartition des différents végétaux à même altitude dans les zones élevées des Pyrénées (T. 30) 305

Bouly de Lesdain. — Lichens recueillis sur les silex le long d'une route dans les dunes des environs de Dunkerque (T. 25 *bis*). 55

Briquet (John). — Carpologie comparée et affinités des genres d'Ombellifères *Microsciadium* et *Ridolfia* (T. 25 *bis*) . . . 61

Brocq-Rousseu. — Etude de l'*Acremonium Potronii* Vuill. (T. 26). 150
— (Voyez Gain Edmond).
— (Voyez Stoykowitch).

Brocq-Rousseu et Gain (Edmond). — Oxydases et peroxydiastases des graines (T. 21) 55

Buchet (S.). — Les Myxomycètes de la forêt de Fontainebleau (T. 23). 409

Capitaine (L.). — Sur la répartition géographique du groupe des Légumineuses (T. 21). 335
— Etude sur les graines des Papavéracées d'Europe (T. 22) . 432

Carpentier (Abbé A.). — Sur quelques fructifications et inflorescences du Westphalien du Nord de la France (T. 23) . . 441
— L'abbé Félix-Charles Hy (1853-1918) (T. 30). 369
— (Voyez Depape G.)

Champagne (Emile). — Essai de géographie botanique des confins du Soissonnais, du Tardenois et de la région rémoise (T. 26). 271

Chancerel (Lucien). — Le rôle du calcium dans la végétation forestière (T. 25 *bis*). 83

Chartier (H.) et Colin (H.). — Sur l'anthocyane des plantules de Crassulacées (T. 23) 264

Choux (P.). — De l'influence de l'humidité et de la sécheresse sur la structure anatomique de deux plantes tropicales (T. 25) . 153

Cohnstamm (G.). — (Voyez Palladine W.)

Colani (Mlle M.). — Sur les premiers stades du développement du *Terminalia Catappa* (T. 24). 267

Colin (Henri). — Recherches sur la nutrition du *Botrytis cinerea* (T. 21) 97
— Action toxique du sulfate de cuivre sur le *Botrytis cinerea* (T. 21) 289

Colin (Henri). — Le saccharose dans la Betterave — formation et disparition (T. 28) 289, 321, 368

— Le saccharose dans la Betterave — formation et disparition (fin) (T. 29). 21, 56, 89, 113

— (Voyez Chartier H.)

Colin (Henri) et De Rufz de Lavison (Jean). — Absorption comparée des sels de baryum, de strontium et de calcium par la plante vivante (T. 22). 337

Colin (Henri) et Mlle M. Lebert. — Action des sels neutres sur l'inversion du sucre par les acides (T. 30) 241

Colin (Henri) et Sénéchal (A.). — Le fer est-il le catalyseur dans l'oxydation des phénols par la peroxydase du Raifort? (T. 24) 49

Combes (Raoul). — Les échanges gazeux des feuilles pendant la formation et la destruction des pigments anthocyaniques (T. 22) 177

— Les opinions actuelles sur les phénomènes physiologiques qui accompagnent la chute des feuilles (T. 23). . . 129

— Influence de l'éclairement sur la formation des graines et sur leur pouvoir germinatif (T. 25) 130

— Le processus de formation des pigments anthocyaniques (T. 25 *bis*) 91

— Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. — I. Etude préliminaire (T. 29) 321, 353

— Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides chez les végétaux. — I. Etude préliminaire (fin) (T. 30) . 5, 33, 70, 106, 146, 177, 226, 245, 283, 321, 355

Coquidé (Eugène). — Contribution à l'étude des divers types de végétation dans les sols tourbeux du Nord de la France (T. 22). 423

Costantin (J.) et Bois (D.). — Sur les graines et tubercules des tombeaux péruviens de la période incasique (T. 22). . . 242

Costantin (J.) et Poisson (H.). — Note à propos d'un *Bulbophyllum* de la Guinée française nouvellement introduit dans les serres du Muséum (T. 25 *bis*) 103

Costerus (J.-C.). — Hommage à la *mémoire de* Th. Lestiboudois (T. 29) 193

Coupin (Henri). — Sur la cytologie et la tératologie des poils absorbants (T. 21) 63

— Sur un dispositif permettant d'imiter l'ascension de la sève dans les vaisseaux fermés (T. 23) 315

— Sur une Mucédinée croissant sur le liquide de Raulin (T. 26) 245

Coupin (Henri). — Sur la répartition géographique des Algues bleues en France (T. 27). 50
— Recherches sur les Bactéries de l'eau de mer (T. 28). 15, 45, 85, 116, 150

Daniel (Jean). — Les couches concentriques ligneuses secondaires chez les Dicotylédones (T. 28). 97, 133, 185, 204

Daniel (Lucien). — Classification rationnelle des symbioses (Tome 25 *bis*) 111
— L'hybridation asexuelle ou variation spécifique chez les plantes greffées (T. 26) 305
— L'hybridation asexuelle ou variation spécifique chez les plantes greffées (fin) (T. 27) 22, 33
— Sur un fruit de Noyer contenant une amande de Coudrier (T. 28) 11
— Nouvelles recherches sur le sectionnement et la régénération chez les plantes (T. 29) 65

Debeaupuis. — Esquisse de la géographie botanique de la forêt de Compiègne (T. 23) 15, 67

Denizot (Georges). — Sur une galle de Chêne provoquée par *Andricus radicis* (Cynipède) (T. 23). 165

Depape (J.). — Note sur quelques Chênes miocènes et pliocènes de la vallée du Rhône (T. 24) 355

Depape (G.) et A. Carpentier. — Sur quelques graines et fructifications du Westphalien du Nord de la France (T. 27). . 321

Devaux (H.). — Déformation des touffes de Bruyères au bord de la mer. Contribution à l'étude des causes physiologiques du buissonnement (T. 25 *bis*) 133
— Le buissonnement du *Prunus spinosa* au bord de la mer (T. 27) 225

De Vries (Hugo). — L'*Œnothera grandiflora* de l'herbier de Lamarck (T. 25 *bis*) 151

Dop (Paul). — Recherches sur le rôle des différenciations cytoplasmiques du suçoir micropylaire de l'albumen de *Veronica persica* Poir. dans la formation de cellulose (T. 25 *bis*) . 167

Douin (Ch.). — Le sporogone des Céphaloziellacées (T. 25 *bis*) . . 179
— Le pédicelle de la capsule des Hépatiques (T. 28) . . . 129
— Les variations du gamétophyte chez les Céphaloziellacées (T. 28) 251, 257, 300, 329

Douin (Ch.) et R. Douin. — Note sur les *Sphaerocarpus* (T. 29). . 129
— Le *Reboulia* Raddi (T. 30) 129

Douin (Robert). — Le sporophyte chez les Hépatiques (T. 24). 403, 453
— Contribution à l'étude du genre *Riella* (T. 25 *bis*) . . . 195
— (Voyez Douin Ch.)

Drevon (P.). — (Voyez Promsy G.)

Dubard (Marcel). — Les Sapotacées du groupe des Isonandrées (T. 21) 392

— Remarques sur le genre *Strephonema* Hook (T. 23). . . 220

Dubard (Marcel) et Urbain (A.). — Sur quelques cas tératologiques de germination chez le Chou-fleur et le Chou Milan (T. 25 *bis*) 203

Ducellier (L.). — Etude phytogéographique des dunes de la baie d'Alger (T. 23). 273, 321

— Note sur la végétation de l'*Oxalis cernua* Thunb en Algérie (T. 25 *bis*) 217

Dufour (Léon). — Etude des feuilles primordiales de quelques plantes (T. 22). 369

— La chaire de Botanique de l'Ecole forestière de Selmecz-banya (Hongrie) (T. 23) 309

— Quelques Champignons de Madagascar (T. 25) 497

— Le Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau (T. 25 *bis*) 1

— Note sur les Agaricinées de la forêt de Fontainebleau (T. 25 *bis*) 229

— Les Basidiomycètes de la forêt de Fontainebleau (T. 26). 443

Dupont (G.). — (Voyez Louguinine W.)

Durin (E.). — Contribution à l'étude des Moringées (T. 25) . . . 449

Eriksson (Jakob). — Etudes sur la maladie produite par la Rhizoctone violacée (T. 25) 14

— Quelques études sur la maladie de la rouille des Betteraves, *Uromyces Betæ* (Pers.) Kuhn (T. 25 *bis*). 247

— Développement primaire du Mildiou *(Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre (T. 29) 257, 305, 333, 376

— Développement primaire du Mildiou (*Phytophtora infestans)* au cours de la végétation de la Pomme de terre (fin) (T. 30) 16, 50

Foëx. — Les conidiophores des Erysiphacées (T. 24) 200

François (Louis). — La géographie botanique et les analyses de semences (T. 25 *bis*). 259

— Les semences des plantes adventices, leur importance dans les analyses des semences (T. 30) 97

Friedel (Jean). — Sur les segments foliaires de l'axe hypocotylé (T. 23) 39

— Sur l'anatomie de la fleur du *Passiflora cærulea* L. (T. 25 *bis*) 269

— (Voyez Bonnier Gaston).

Fritel (P.-H.) et Viguier René. — Les *Equisetum* fossiles et leur structure (T. 21) 129
— Sur un Champignon des *Equisetum* fossiles (T. 21) . . 143

Gain (Edmond). — Sur les effets du parasitisme du Bruche de la Fève (T. 25 *bis)* 277
— (Voyez Brocq-Rousseu).

Gain (Edmond) et Brocq-Rousseu. — Etude sur deux espèces du genre *Fusarium* (T. 25) 177

Gatin (C.-L.). — La morphologie de la germination et ses rapports avec la phylogénie (T. 21) 147
— Premières observations sur l'embryon et la germination des Broméliacées (T. 23). 49
— Notes sur l'anatomie des organes de quelques *Erodium* africains (T. 24) 59

Gaume (Raymond). — Germination, développement et structure anatomique de quelques Cistinées (T. 24). 273

Guillaumin (A.). — L'étude des germinations appliquée à la classification des genres et à la phylogénie des groupes (T. 22) . 449
— Remarques anatomiques sur la syncotylie et la monocotylie de quelques plantules de Dicotylédones (T. 24) . 225

Guilliermond (A.). — Recherches cytologiques et taxinomiques sur les Endomycétées (T. 21). 353, 401
— Aperçu sur l'évolution nucléaire des Ascomycètes et nouvelles observations sur les mitoses des asques (T. 23). 89
— Recherches cytologiques sur la formation des pigments anthocyaniques. Nouvelle contribution à l'étude des mitochondries (T. 25 *bis)* 295
— Etat actuel de l'évolution et du rôle physiologique des mitochondries d'après les travaux récents de cytologie végétale (T. 26). 129, 182
— Recherches sur le chondriome chez les Champignons et chez les Algues, troisième contribution à l'étude des mitochondries (T. 27). 193, 236, 271, 297
— Sur la signification du chondriome (T. 30) 161

Hamet (Raymond). — Recherche sur le *Crassula sediformis* Schw. (T. 24) 145
— L'anisomérie florale dans la famille des Crassulacées (T. 25) 84
— Sur un groupe de transition reliant le genre *Kalanchoe* au genre *Cotyledon* (T. 28). 80

Heinricher (E.). — De la germination des graines des plantes parasites, en particulier de celle des Rhinanthacées. Quelques résultats remarquables de mes études sur ce groupe de parasites (T. 21). 329

HICKEL (R.). — Une station européenne de Peupliers du groupe des *Turanga* (T. 25 *bis*). 339

HOCHREUTINER (B. P. G.). — Notes sur la biologie des Malvacées. I. — Biologie florale de l'*Hibiscus longisepalus* Hochreutiner (T. 25). 371

HUMBERT (Henri). — La végétation de la partie inférieure du bassin de la Maudre (T. 22). 1, 80

— (Voyez VIGUIER René).

HY (Abbé F.). — Etude sur les *Spergularia* (T. 25). 145

— Etude sur les *Spergularia* (T. 25) 308

— Observations sur les *Ulex* de l'Ouest de la France (T. 25 *bis*) 345

IRAKLIONOFF (P.). — (Voyez PALLADINE W.)

JACCARD (Paul). — Structure anatomique de racines hypertendues (T. 25 *bis*) 359

— Etude comparative de la distribution florale dans quelques formations terrestres et aquatiques (T. 26). . . 5, 49

— Sur les causes qui déterminent la forme des arbres (T. 27). 257, 335, 353

— Bois de tension et bois de compression dans les branches dorsiventrales des feuillus (T. 29) 225

JACOB DE CORDEMOY (H.). — Observations anatomiques sur les *Gravesia* de Madagascar (T. 25 *bis*) 373

JADIN (F.). — Le Professeur Louis Planchon (T. 28) 1

JUMELLE (Henri) et PERRIER DE LA BATHIE (H.). — Une Asclépiadée sans feuilles et une Asclépiadée à tubercules du nord-ouest de Madagascar (T. 21) 49

— Termites champignonnistes et Champignons des termitières à Madagascar (T. 22). 30

— Les Asclépiadées aphylles dans l'Ouest de Madagascar (T. 23) 248

— Histoire naturelle d'un lac de Madagascar (T. 24) . . . 5

— Une Vanille aphylle de Madagascar (T. 24) 198

— Quelques Phanérogames parasites de Madagascar (T. 24). 321

— Les Baobabs du Sud-Ouest de Madagascar (T. 24) . . . 372

— Le genre *Gravesia* (T. 25 *bis*) 391

JUNGELSON (A.). — Sur des épis anormaux de Maïs obtenus à la suite du traitement cuivrique de la semence (T. 29) . . 244, 261

KEILINE (Mlle E.). — Recherches anatomiques sur les feuilles des Broméliacées (T. 27). 77

KORSAKOFF (Mlle Marie). — Recherches biochimiques sur les saponines (T. 26) 225

Kövessi (François). — De l'assimilation de l'azote de l'air et de la réaction des matières albuminoïdes contenues dans les poils « spécialisés » des plantes cultivées dans l'oxygène en l'absence d'azote (T. 25 *bis*). 405

— Sur l'assimilation de l'azote par les poils des plantes (T. 26). 22, 106

Kraschéninnikoff (Th.). — La plante verte assimile-t-elle l'oxyde de carbone ? (T. 21) 177

Lacoste (A.). — Notes générales sur l'étude anatomique des espèces malgaches du genre *Crotalaria* (T. 27) 10

Lapie (G.). — Aperçu sur la végétation du Mexique (T. 24) . . . 344

— Aperçu phytogéographique sur la Kabylie des Babors (T. 25 *bis)* 417

Las Barras de Aragon (A. Francisco de). — Deux nouveaux laboratoires de recherches botaniques en Espagne. Influence scientifique de M. le Professeur Gaston Bonnier en dehors de la France (T. 25 *bis)*. 425

Laurent (J.). — L'ancienne végétation forestière de la Champagne pouilleuse (T. 25 *bis)*. 433

Lebard (Paul). — Remarques sur l'ouverture à la germination de quelques akènes de Liguliflores (T. 25) 396, 432

— Remarques sur la floraison de quelques espèces de Liguliflores (T. 25 *bis)* 449

Lebert (Mlle M.). — (Voyez **Colin** Henri).

Le Blanc. — Sur les diaphragmes des canaux aérifères des plantes (T. 24) 233

Leclerc du Sablon (M.). — Sur la signification du dégagement de vapeur d'eau par les plantes (T. 21) 295

— Sur un cas de parthénogénèse du Figuier de Smyrne (T. 22) 65

— Sur le mécanisme de la circulation de l'eau dans les plantes (T. 22). 125

— De la nature hybride de l'Œnothère de Lamarck (T. 22) . 266

— Sur les causes du dégagement et de la rétention de vapeur d'eau par les plantes (T. 25) 49, 104

— Sur le fonctionnement des réserves d'eau (T. 25 *bis)*. . 459

Ledoux. — Sur les variations morphologiques et anatomiques de quelques racines consécutives aux lésions mécaniques (T. 21) 225

Lesage (Pierre). — Caractères généraux des plantes salées et faits d'hérédité (T. 28) 33

— Au voisinage des limites de la germination dans les graines de *Lepidium sativum* (T. 29). . . . 97, 137, 181

Le Touzé (H.). — Contribution à l'étude histologique des Fucacées (T. 24) 33

Litardière (R. de). — Recherches morphologiques, anatomiques et biologiques sur la valeur systématique du *Polypodium vulgare « subspecies serratum »* (Willd.) Christ. (T. 25). 97
— La flore des environs de la Station de Biologie végétale de Mauroc (T. 25 *bis*). 121

Lothelier (A.). — De l'influence de l'humidité de l'air sur le développement des épines de l'*Ulex europæus* L. (T. 24) . . 296

Louguinine (W.) et Dupont (G.). — Recherches sur la distribution de la température dans les plantes (T. 24) 244

Lubimenko (W.). — Influence de la lumière sur le développement des fruits et des graines chez les végétaux supérieurs (T. 22). 145
— L'assimilation chlorophyllienne et la production de substance sèche à la lumière blanche et colorée (T. 23). . 1
— Influence de la lumière sur la germination des graines (T. 23) 418
— Quelques recherches sur la lycopine et sur ses rapports avec la chlorophylle (T. 25 *bis*). 475

Luizet (D.). — Classification naturelle des Saxifrages de la section des *Dactyloides* Tausch. (T. 25) 273

Maige (A.). — Note sur quelques cas tératologiques observés aux environs d'Alger (T. 21). 312
— La Station de Biologie végétale de Mauroc (T. 25) . . . 253
— Formation des chromosomes hétérotypiques chez l'*Asphodelus microcarpus* (T. 25 *bis*). 495

Maige (A.) et Nicolas (G.). — Recherches sur l'influence des variations de la turgescence sur la respiration de la cellule (T. 22) 409

Maige (Mme G.). — Recherches sur la respiration de l'étamine et du pistil (T. 21) 32

Marchand (H.). — La conjugaison des spores chez les Levures (T. 25) 207

Matruchot (L.). — Variations expérimentales du *Tricholoma nudum*. Disparition progressive de certains caractères spécifiques ou génériques chez un Champignon Basidiomycète charnu (T. 25 *bis*) 503

Mer (Emile). — Le *Lophodermium macrosporum*, parasite des aiguilles d'*Epicea* (T. 22) 297
— Influence du milieu sur l'évolution du *Lophodermium nervisequum*. Nouvelles recherches (T. 25 *bis*). . . . 511

Michel-Durand (Emile). — Variation des substances hydrocarbonées dans les feuilles (T. 30) 337, 377

Mirande (Marcel). — Arvet-Touvet, botaniste dauphinois, et son œuvre (T. 27) 67, 117, 142, 169, 208

Molliard (Marin). — Sur la prétendue transformation du *Pulicaria dysenterica* en plante dioïque (T. 21). 1

— Recherches physiologiques sur les galles (T. 25). 225, 285, 341

— Effets de la compression sur la structure des racines (T. 25 *bis*) 529

— Sur la nature pathologique de l'*Alyssum densiflorum* Lange (T. 26) 177

— Modifications sexuelles chez le *Picea Morinda* (T. 26). . 456

— L'azote libre et les plantes supérieures (T. 28). . . . 225

Monnet (Paul). — Sur des fruits pluricarpellaires de *Brassica oleracea* (T. 25). 443

— Contribution à l'étude de la végétation du grand bassin américain (T. 26) 342

Moreau (Laurent). — Etude du développement et de l'anatomie des *Pogonia* malgaches (T. 24) 97

— Etude anatomique des Orchidées à pseudo-bulbes des pays chauds et de quelques autres espèces tropicales de plantes à tubercules (T. 25). 503

Nicolas (G.). — De l'influence qu'exercent les Fumagines sur l'assimilation chlorophyllienne et la respiration (T. 25). . . 385

— Contribution à l'étude des variations de la respiration des végétaux avec l'âge (T. 30) 209

— (Voyez Maige A.)

Nicoloff (Th.). — Sur les feuilles des jeunes plantules et des rameaux adventifs (T. 22) 113

— Contribution à l'histologie et à la physiologie des rayons médullaires chez les Dicotylédones arborescentes (T. 23). 369

Offner (J.). — La flore du massif des Grandes Rousses (T. 21). . 257

Olivier (Ernest). — Le *Farsetia clypeata* en France (T. 23). . . 459

Palladine (W.) et Cohnstamm (G.). — L'action des sels d'antimoine sur la respiration des plantes (T. 25 *bis*). 539

Palladine (W.) et Iraklionoff (P.). — La peroxydase et les pigments respiratoires chez les plantes (T. 23). 225

Parmentier (Paul). — Recherches sur l'influence d'un mouvement continu régulier imprimé à une plante en végétation normale (T. 22). 137

— Recherches anatomiques et taxinomiques sur les Juglandacées (T. 23). 341

Pénau (Henry). — Contribution à la cytologie de quelques microorganismes (T. 24) 13, 68, 113, 149

Perrier de la Bathie (H.). — (Voyez Jumee Henri).

Plantefol (Lucien). — Le *Crocysporium torulosum* Bonorden est une forme végétative d'un Champignon Basidiomycète (T. 27) 97

Poisson (H.). — Note sur les plantes à caoutchouc et à latex du Sud et du Sud-est de Madagascar (T. 21) 8

— Note sur quelques herborisations au xvii^e^ siècle dans la forêt de Fontainebleau (T. 25 *bis*). 557

— (Voyez Costantin J.)

Potier de la Varde (R.). — Contribution à la flore bryologique de l'Annam (T. 29) 289

— *Ptychomitrium subcrispatum* Thér. et P. de la V. *(Spec. nov. natalensis)* (T. 30) 65

— Sur trois Mousses inédites de la Chine orientale (T. 30) . 346

Prianichnikov (D.). — La synthèse des corps amidés aux dépens de l'ammoniaque absorbée par les racines (T. 25) 5

— Sur la question des excrétions nuisibles des racines (T. 25 *bis*). 563

Promsy (Mlle G.). — De l'influence des acides organiques et du glucose sur la respiration des graines en voie de gonflement (T. 24) 313

Promsy (Mlle G.) et Drevon (P.). — Influence des rayons X sur la germination (T. 24) 177

— Effet de l'électrolyse sur le pouvoir amylolytique d'une infusion de malt (T. 27). 60

Puech (G.). — Etude anatomique de quelques espèces d'Asclépiadées aphylles de l'Ouest de Madagascar (T. 24) 298, 329

Raybaud (Laurent). — Influence du milieu sur les Champignons inférieurs (T. 24). 392

— Influence des radiations ultra-violettes sur la plantule (T. 25) 38

— Sur la germination des bulbilles d'une Igname du Congo (T. 25) 125

— (Voyez Ruby J.)

Richet (Charles). — L'accoutumance du ferment lactique aux poisons (bromure de potassium). Etude de mésologie (T. 25 *bis*) . 583

Rosé (Edmond). — Energie respiratoire chez les plantes cultivées à divers éclairements (T. 22) 385

— Etude des échanges gazeux et de la variation des glucosides au cours de la formation des pigments anthocyaniques dans les fleurs de *Cobæa scandens* (T. 26) . . 257

Rouy (G.). — « Conspectus » des tribus et des genres de la famille des Scrofulariacées (T. 21) 194

Ruby (J.) et Raybaud (L.). — L'*Apiosporium Oleæ* parasite de la Cochenille de l'Olivier (T. 23). 473

Rufz de Lavison (Jean de). — Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme (T. 22). 225

— Essai sur une théorie de la nutrition minérale des plantes vasculaires basée sur la structure de la racine (T. 23). 177

— (Voyez Colin Henri).

Sauvage (Ed.). — (Voyez Berteau A.)

Séliber (G.). — Les variations dans le règne végétal et les conditions extérieures. (Analyse des travaux de Klebs) (T. 21) 420, 470

— Les variations dans le règne végétal et les conditions extérieures. (Analyse des travaux de Klebs) (fin) (T. 22). 95

— Les acides volatils dans les produits de fermentation de quelques microbes anaérobies (T. 25 *bis*). 589

Sénéchal (A.). — (Voyez Colin Henri).

Stoykowitch et Brocq-Rousseu (D.). — Etude de quelques altérations des pruneaux (T. 22) 70

Téodoresco (Em. C.). — Température mortelle pour quelques diastases d'origine animale et végétale (T. 25 *bis*) 599

Thomas. — Le cancer chez les animaux et chez les végétaux (T. 21). 241

Toury (Edgar). — Sur la non symétrie bilatérale d'un certain nombre de feuilles (T. 25) 195

Turchini (Jean). — Rôle de l'hétérocyste des Nostocées (T. 30) . . 273

Urbain (A.). — (Voyez Dubard, Marcel).

Vercoutre (A. T.). — Identification du *Silphium* (T. 22) . . 354, 399

Viguier (René). — Sur un type nouveau d'inflorescence en ombelle (T. 22) 469

— Recherches sur le genre *Grewia* (T. 29) . . 161, 196, 249

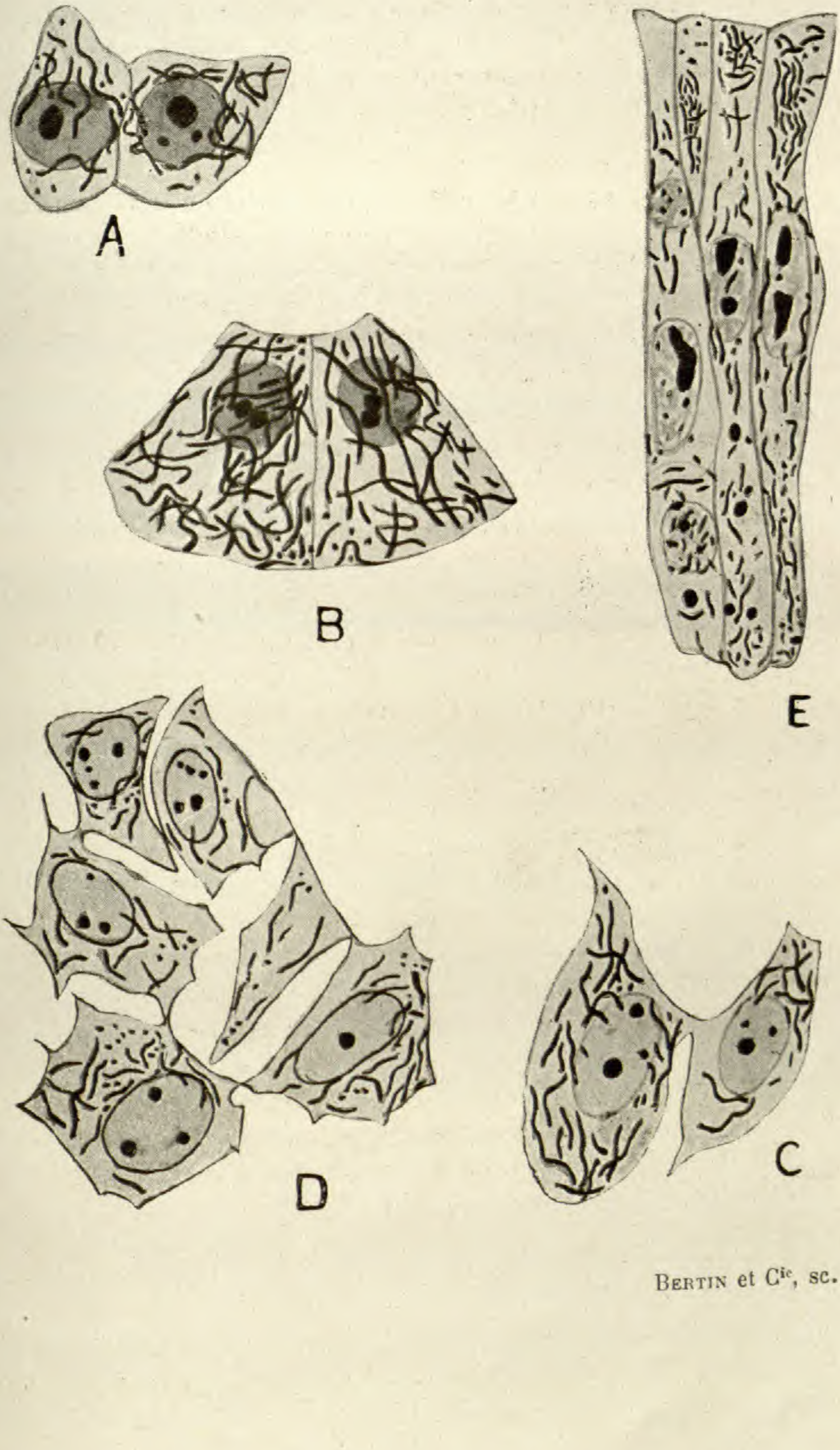
— (Voyez Fritel P.-H.)

Viguier (René) et Humbert (H.). — Observations sur quelques Guttifères malgaches (T. 25 *bis*) 629

Vuillemin (Paul). — Destruction des Tétranyques par la chaleur (T. 25 *bis*) 643

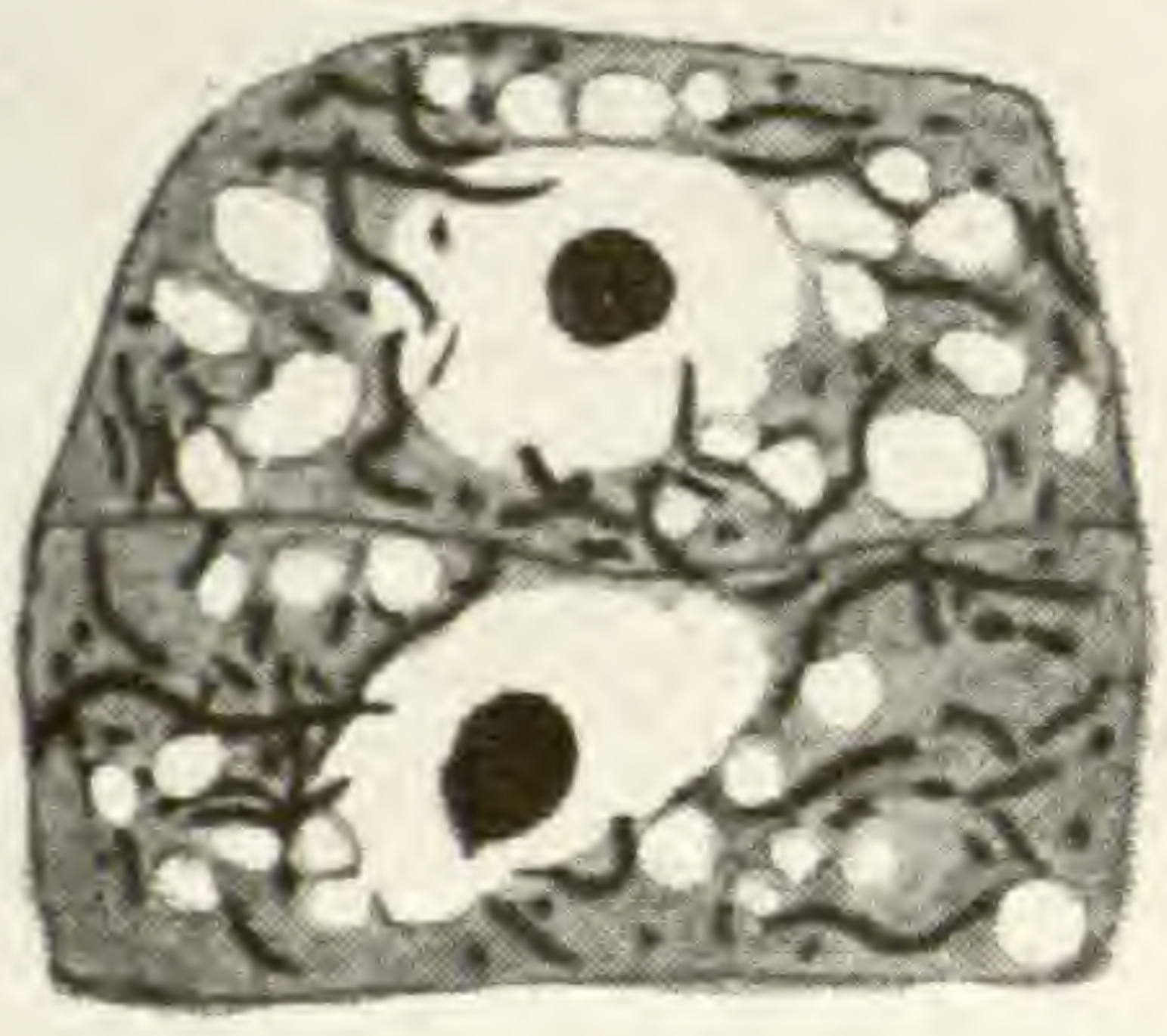
Zeiller (R.). — Sur quelques plantes wealdiennes recueillies au Pérou par M. le Capitaine Berthon (T. 25 *bis*) 647

Nemours.— Imp. Henri Bouloy. *Le Gérant :* Henri Bouloy.

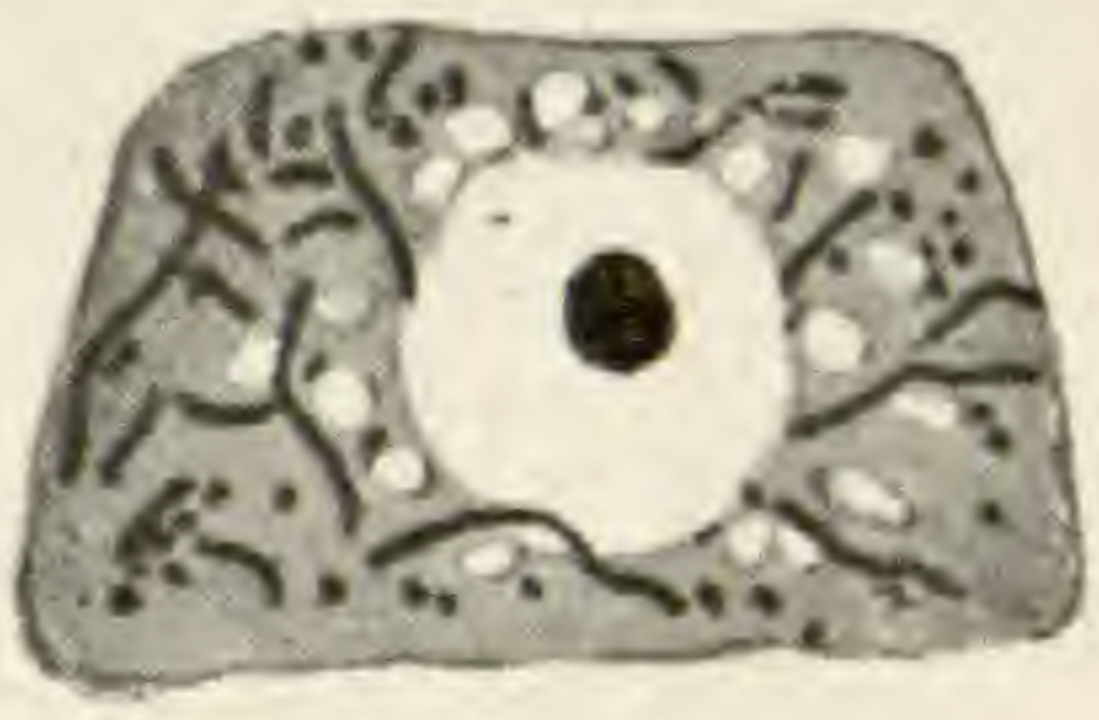


Bertin et C^ie, sc.

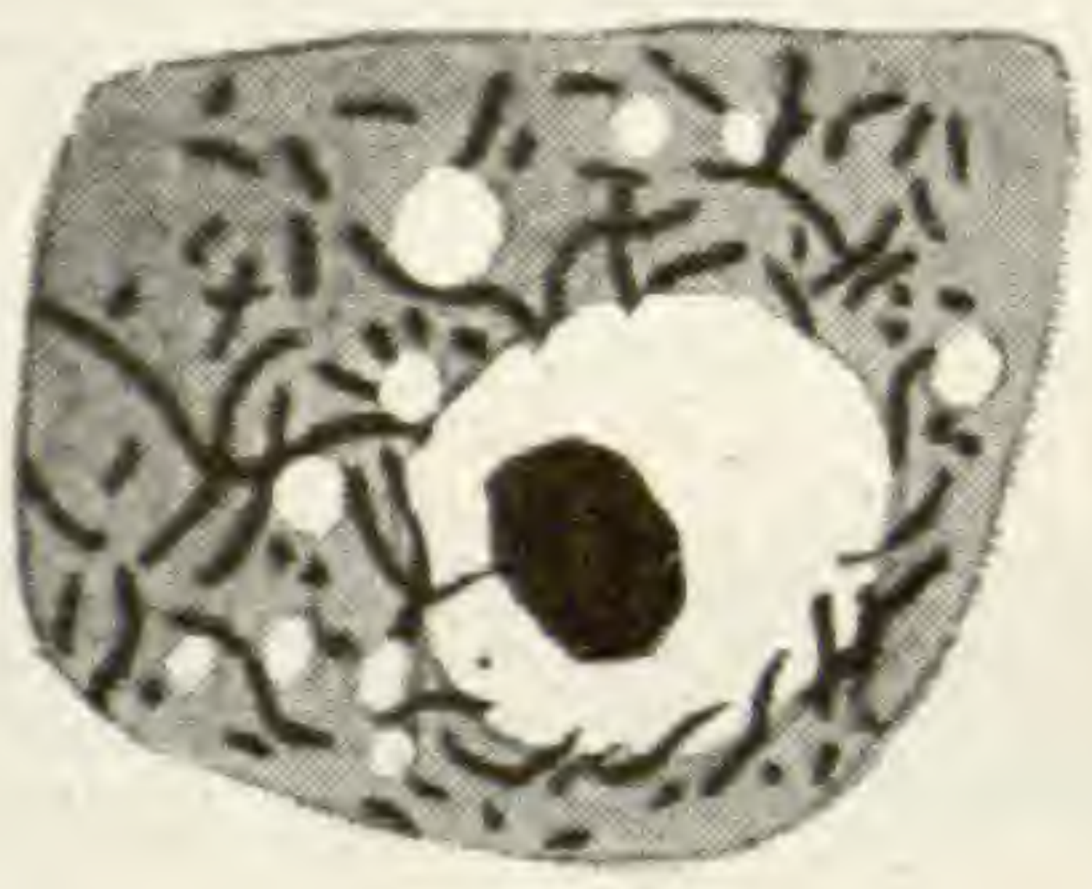
Le chondriome dans la cellule animale.



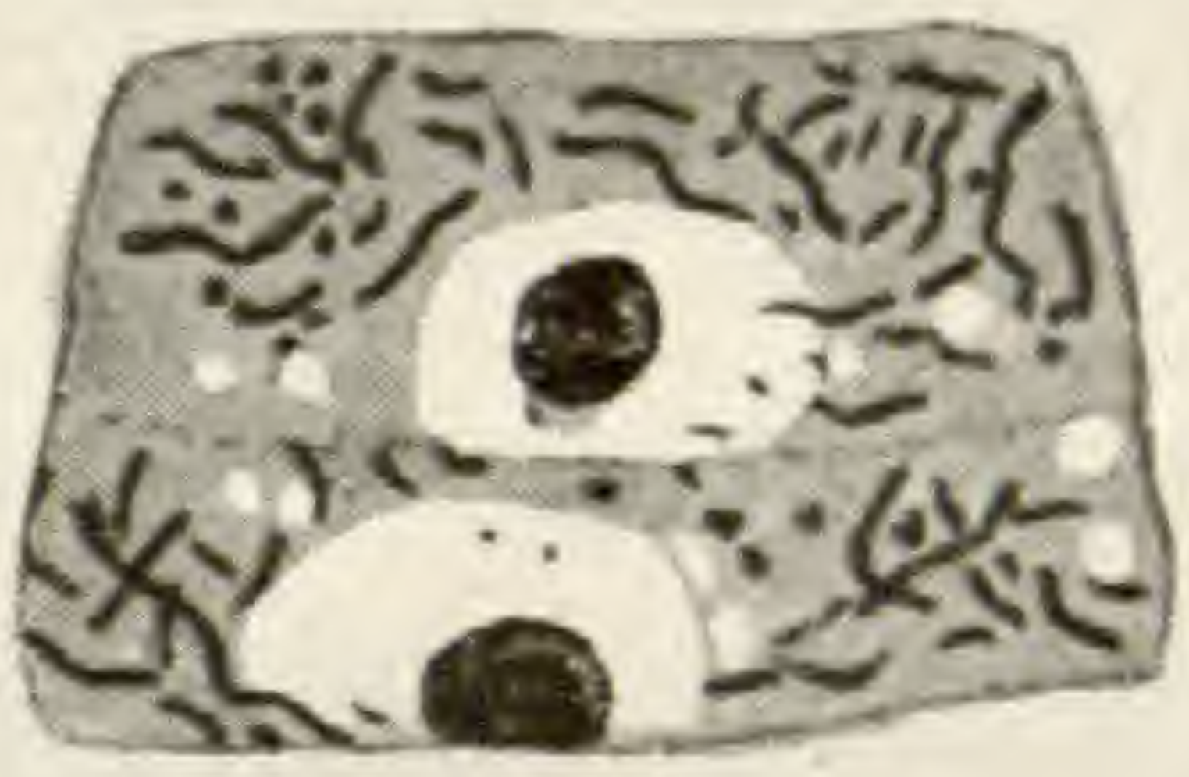
1



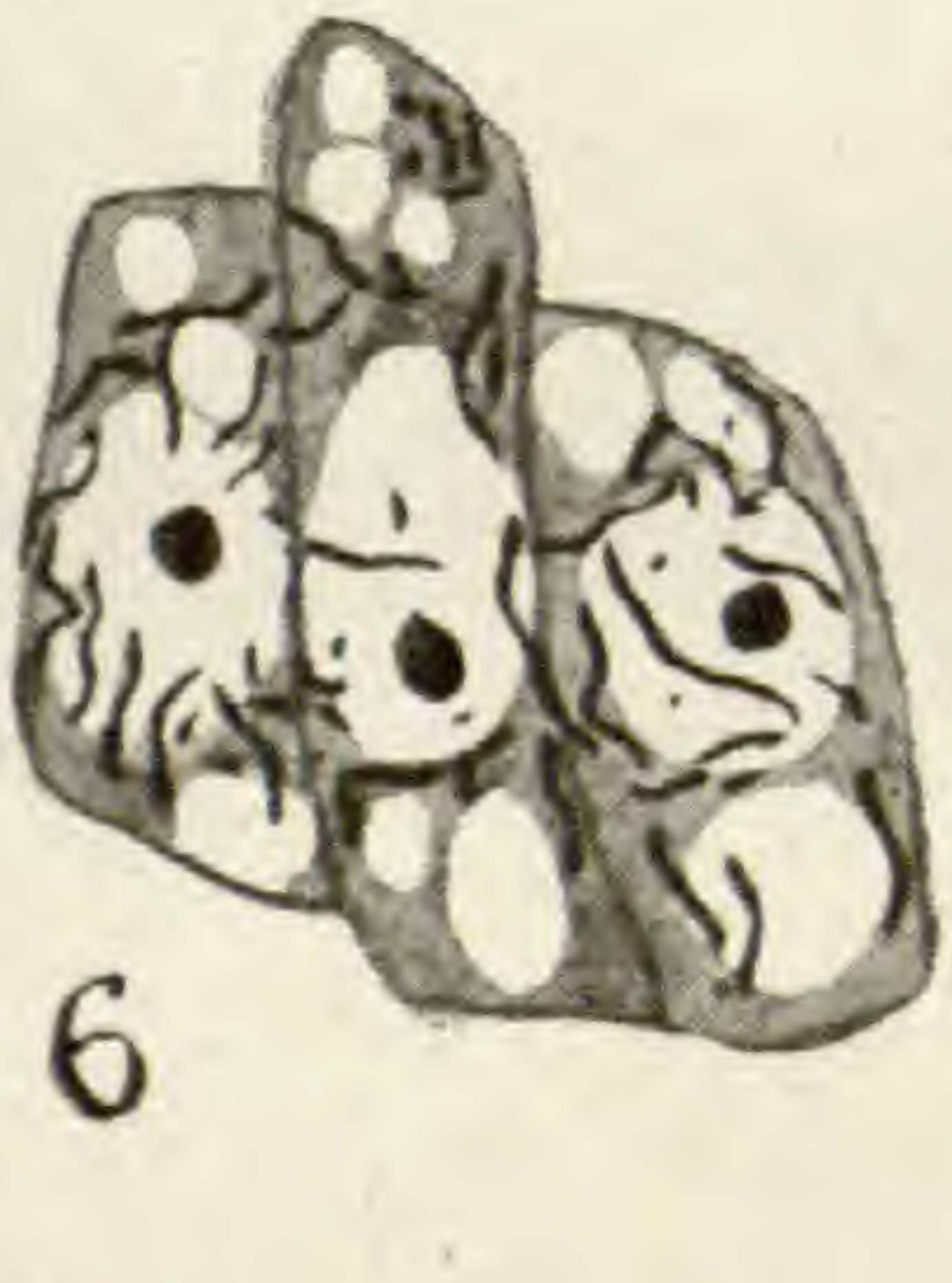
2



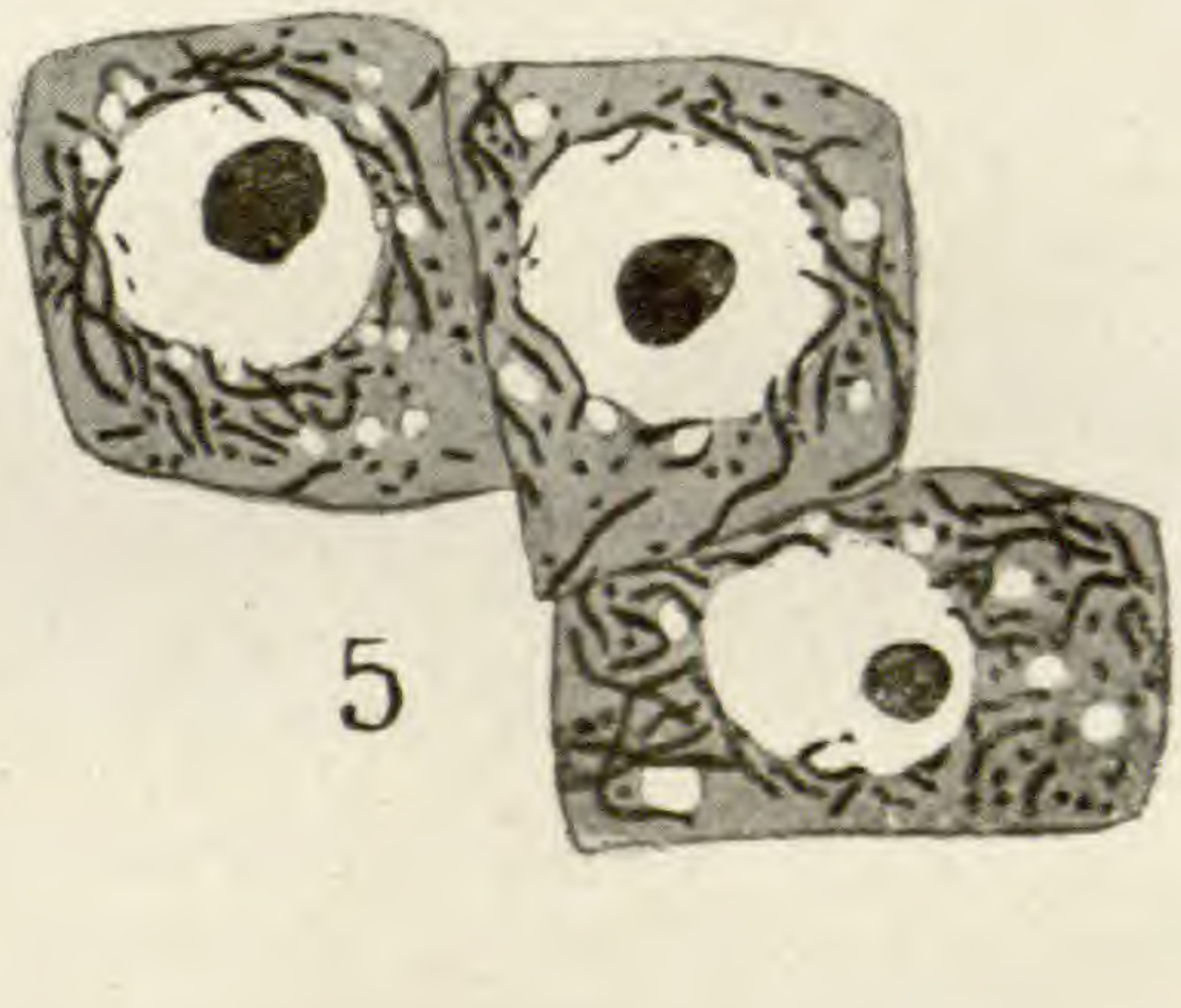
4



3



6

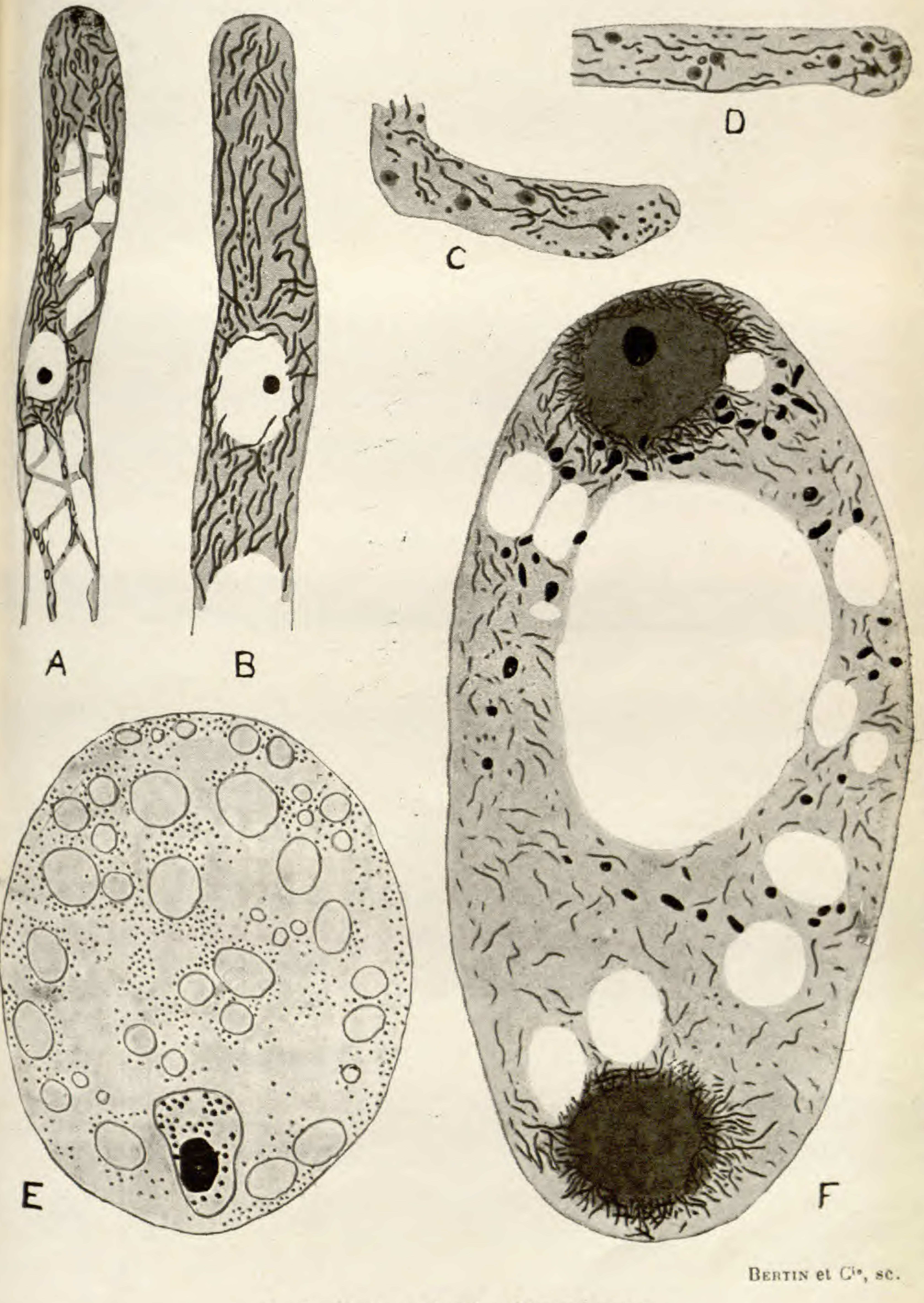


5

Guilliermond del.

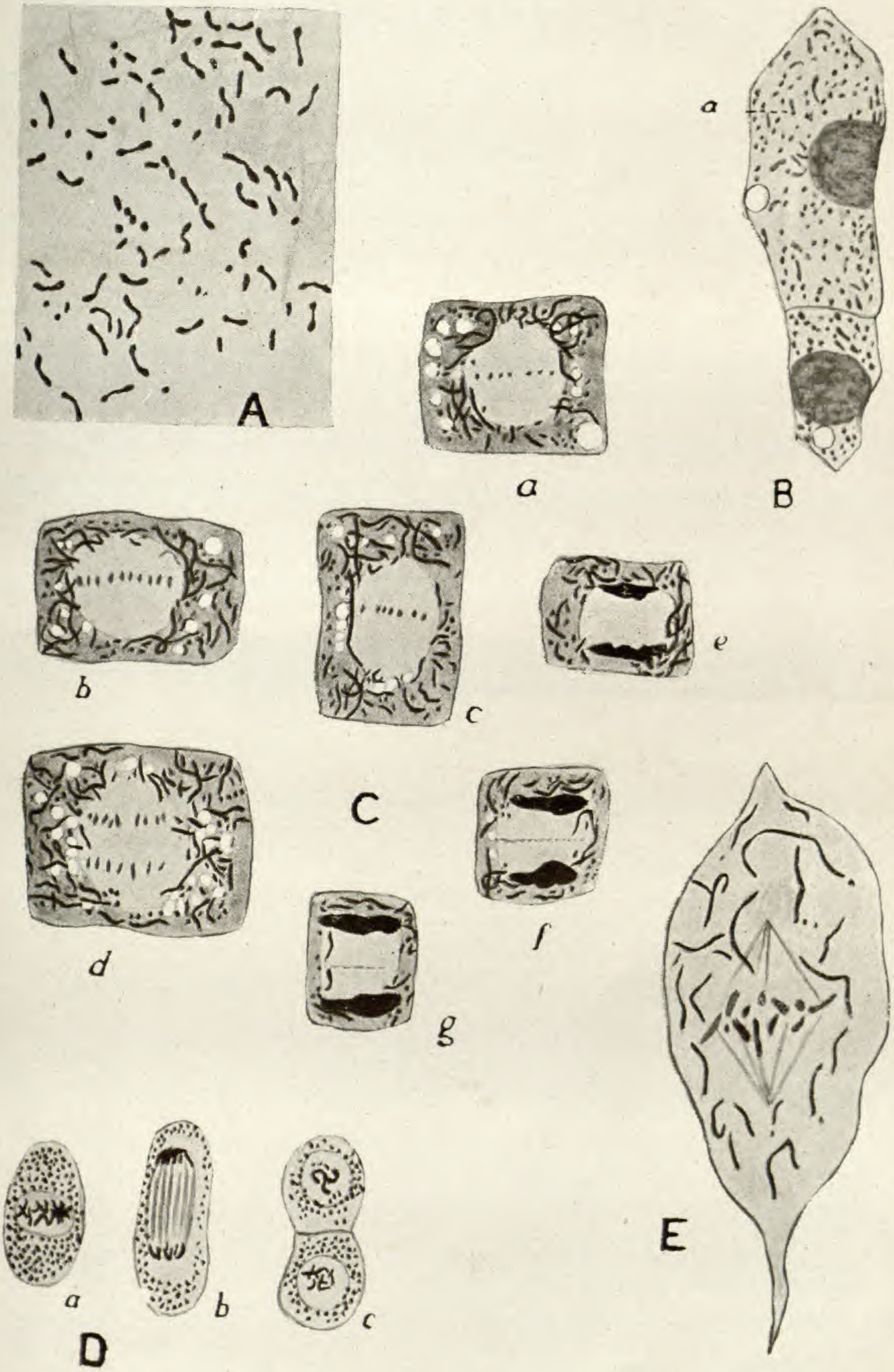
Bertin et C^ie^, sc.

Le chondriome dans la cellule végétale.



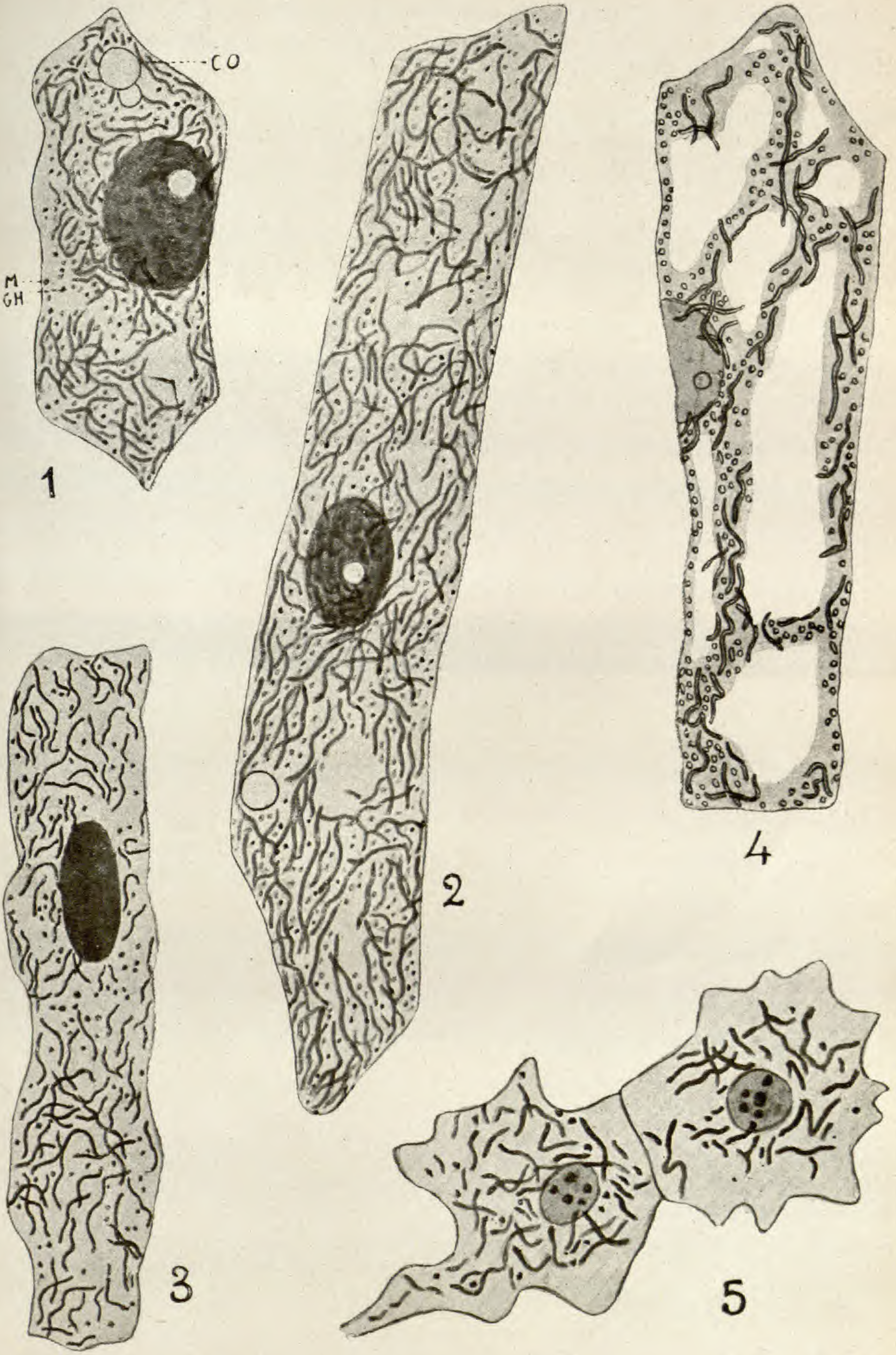
Bertin et C^ie^, sc.

Le chondriome chez les Champignons.
Le chondriome dans l'œuf et dans le sac embryonnaire.


A
a
a
B
b
c
e
C
d
f
g
E
a
b
c
D

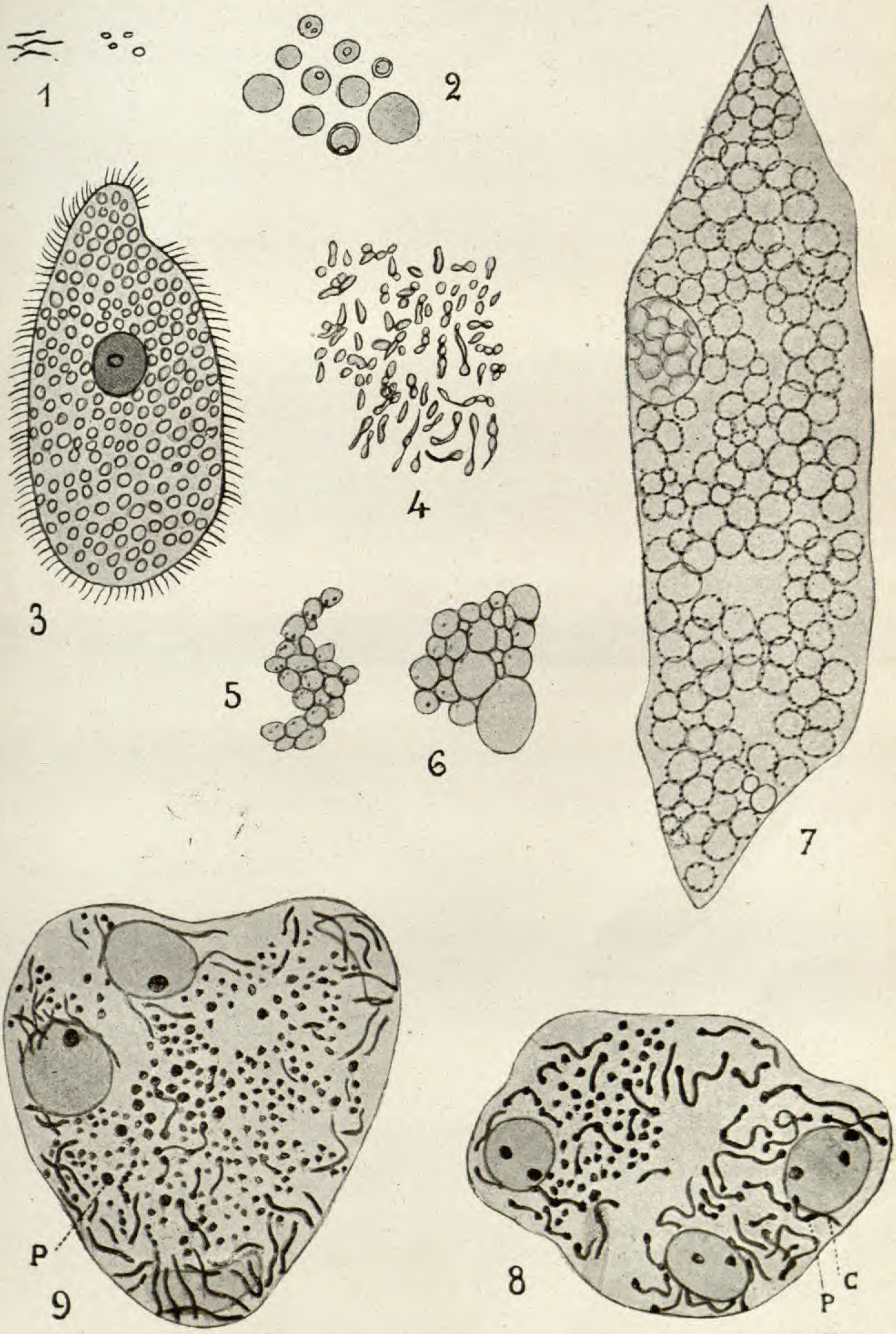
BERTIN et C^ie, sc.

Mitochondries en voie de division. — Divers stades de mitoses.


CO
M
CH
1
2
3
4
5

BERTIN et Cie, sc.

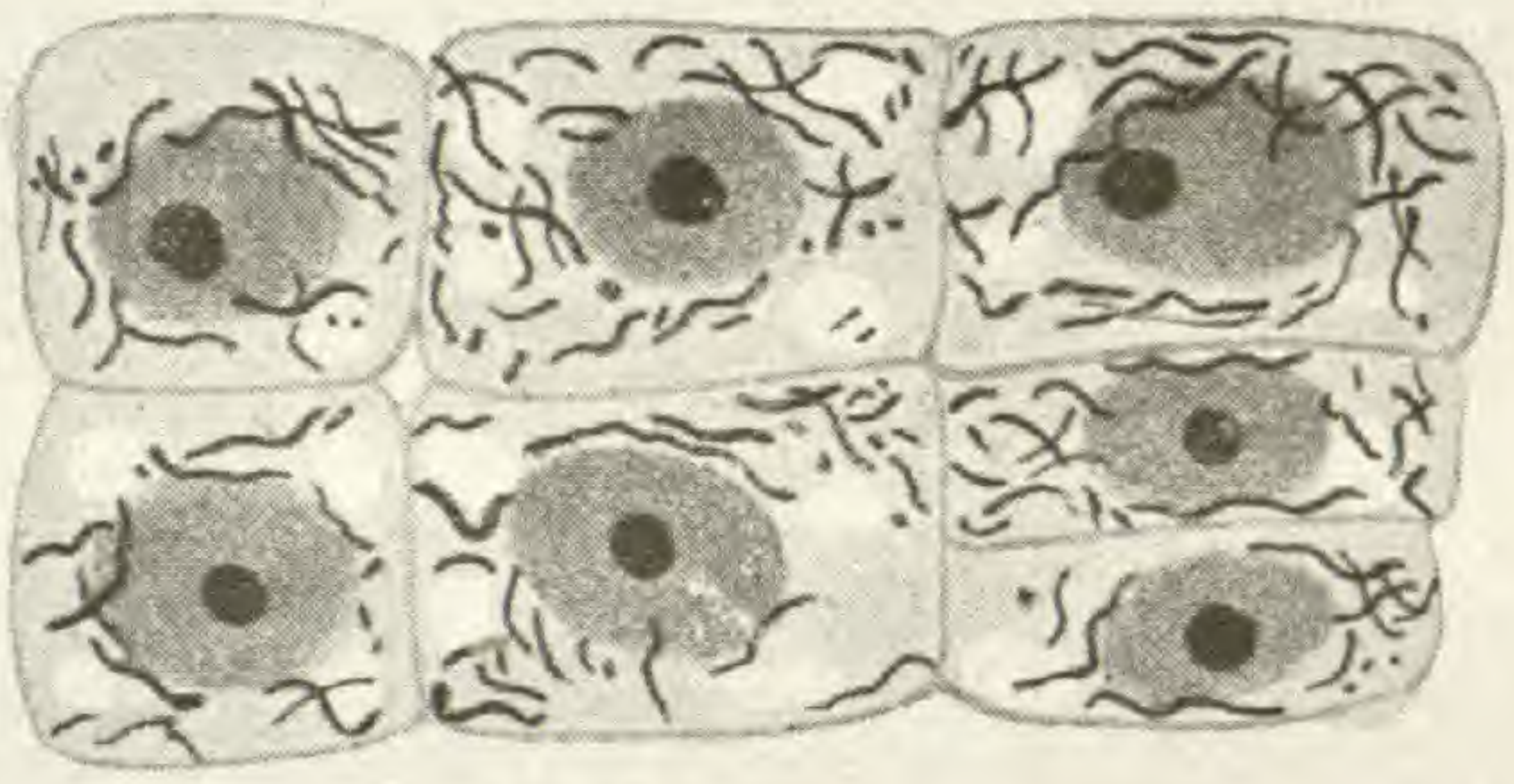
Le chondriome observé sur le vivant.



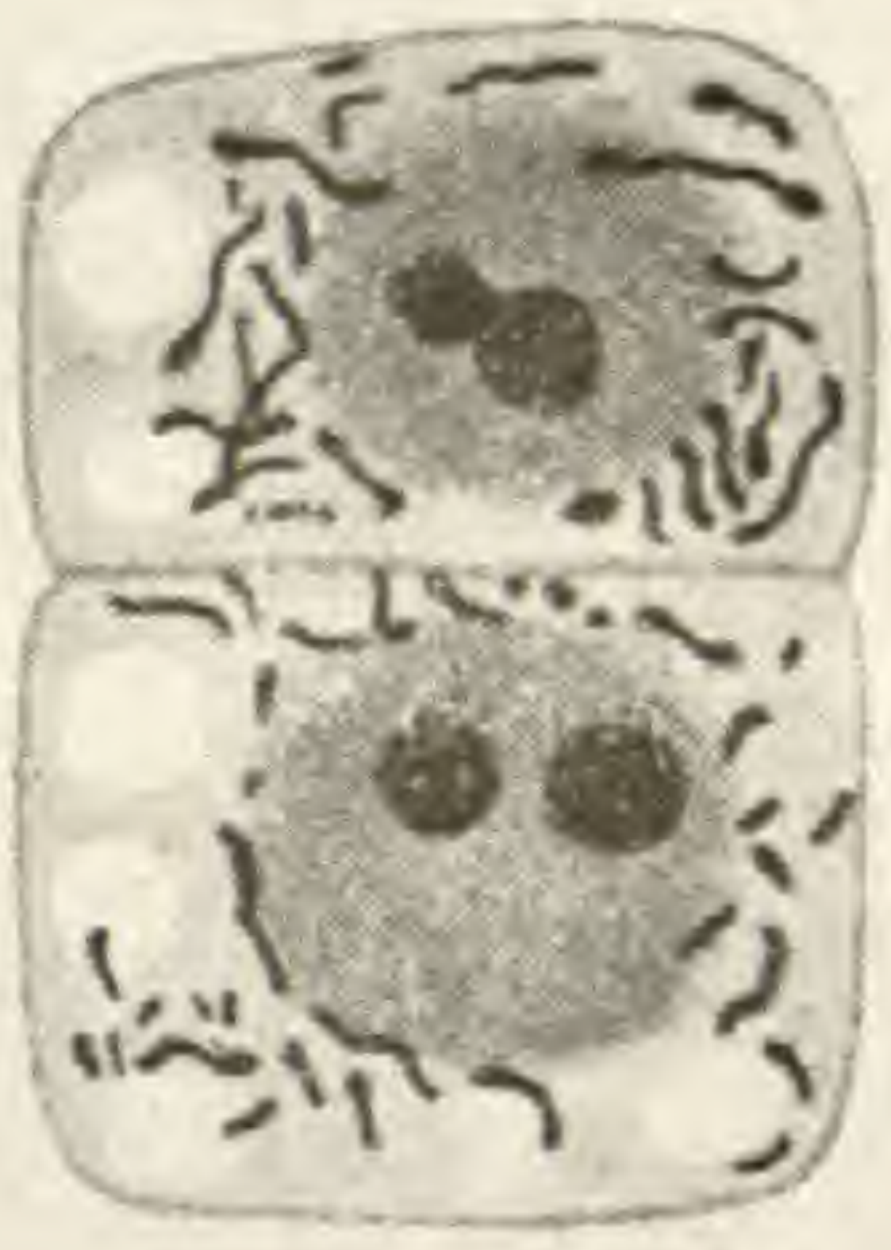
Bertin et Cie, sc.

Altération du chondriome.

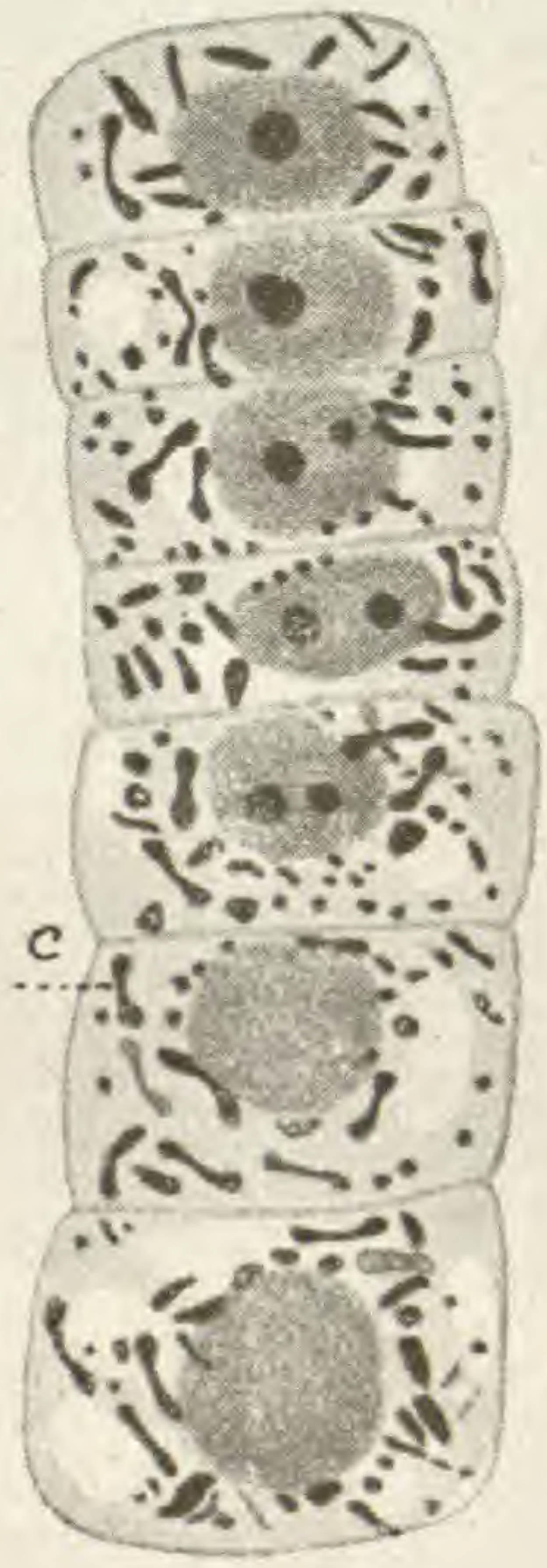
Formation de chondrioplastes au sein des chondriocontes dans la cellule animale.



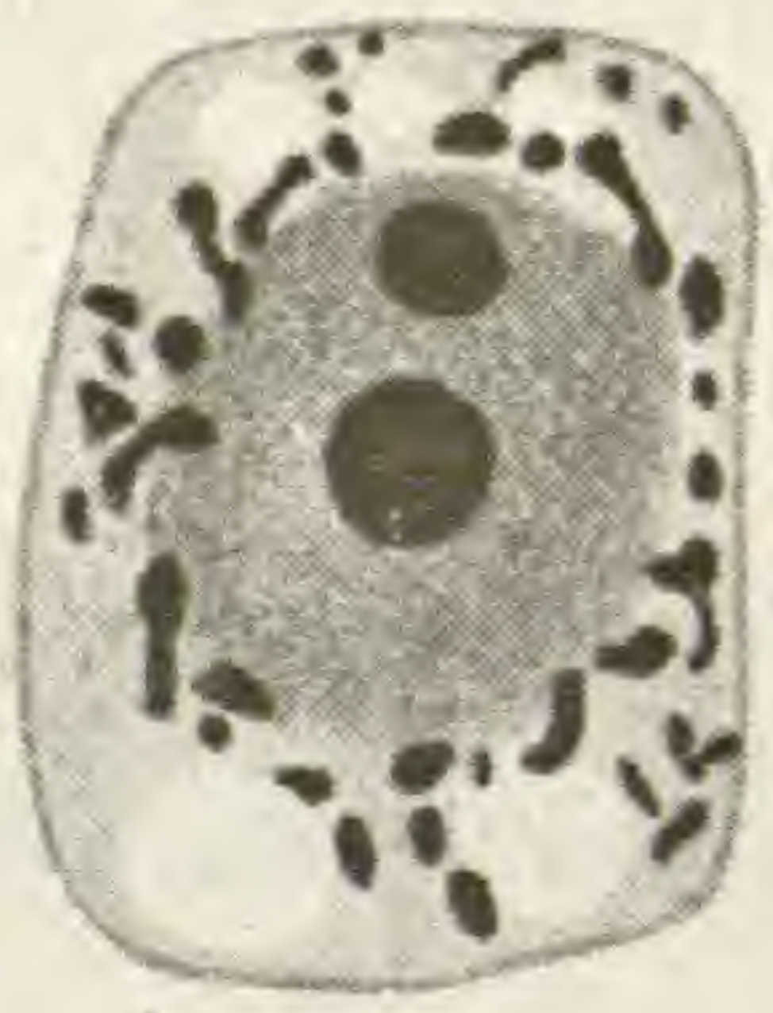
1



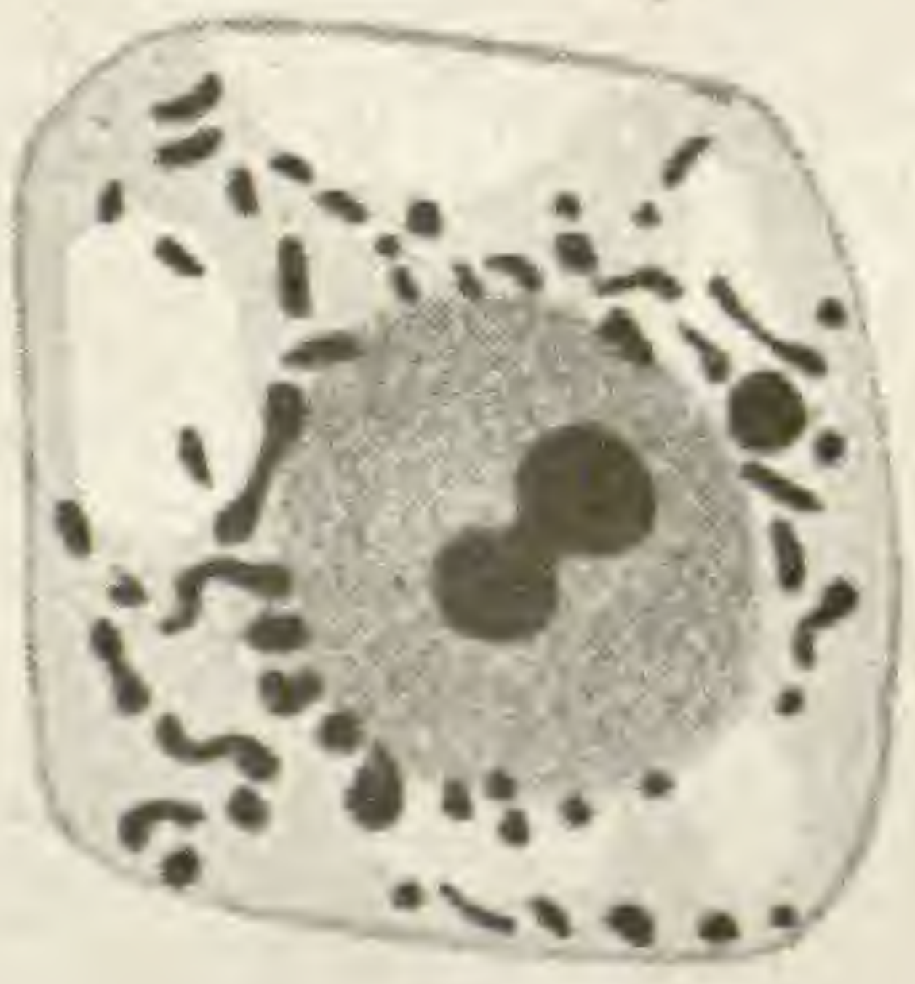
2



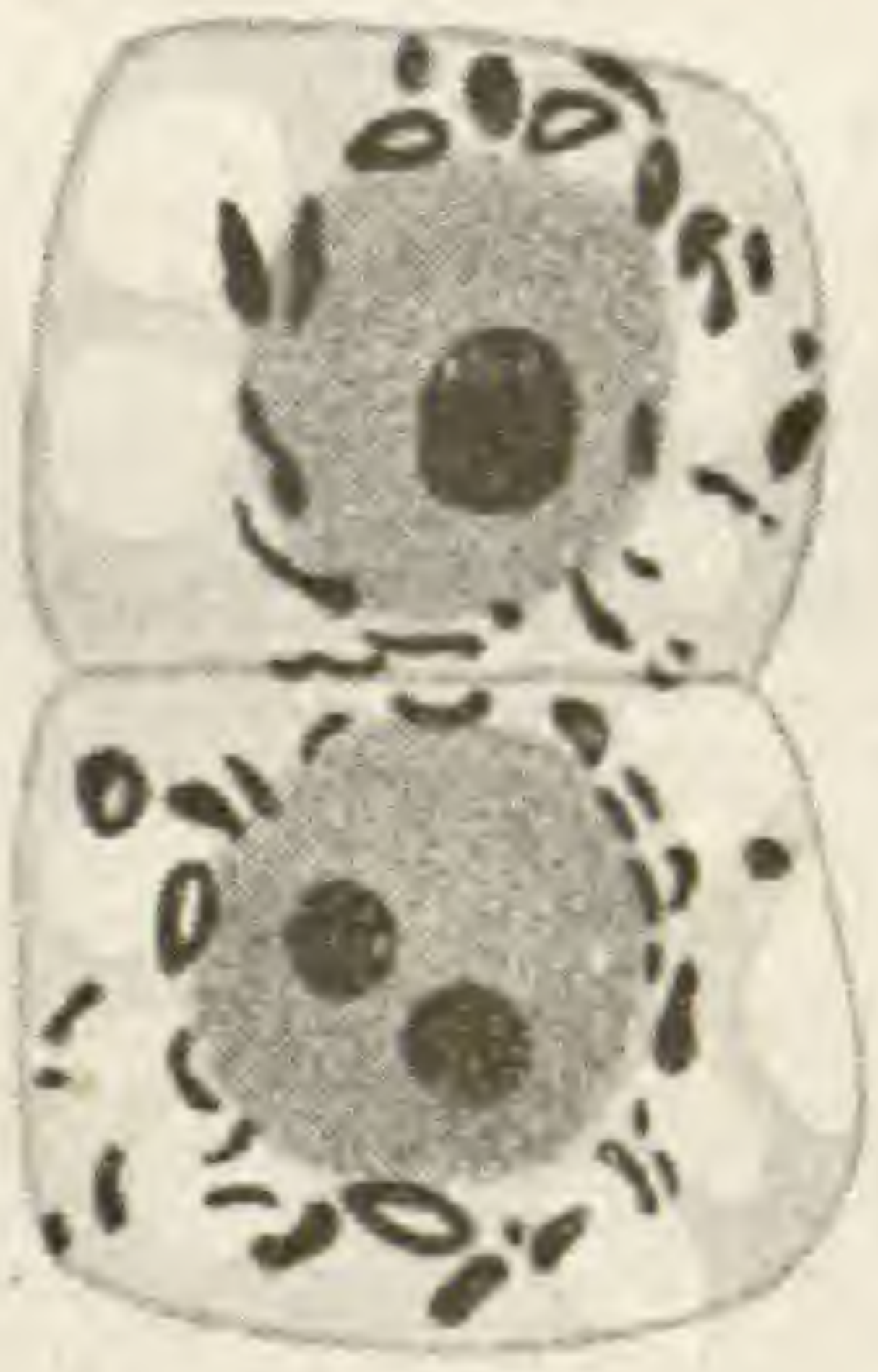
3



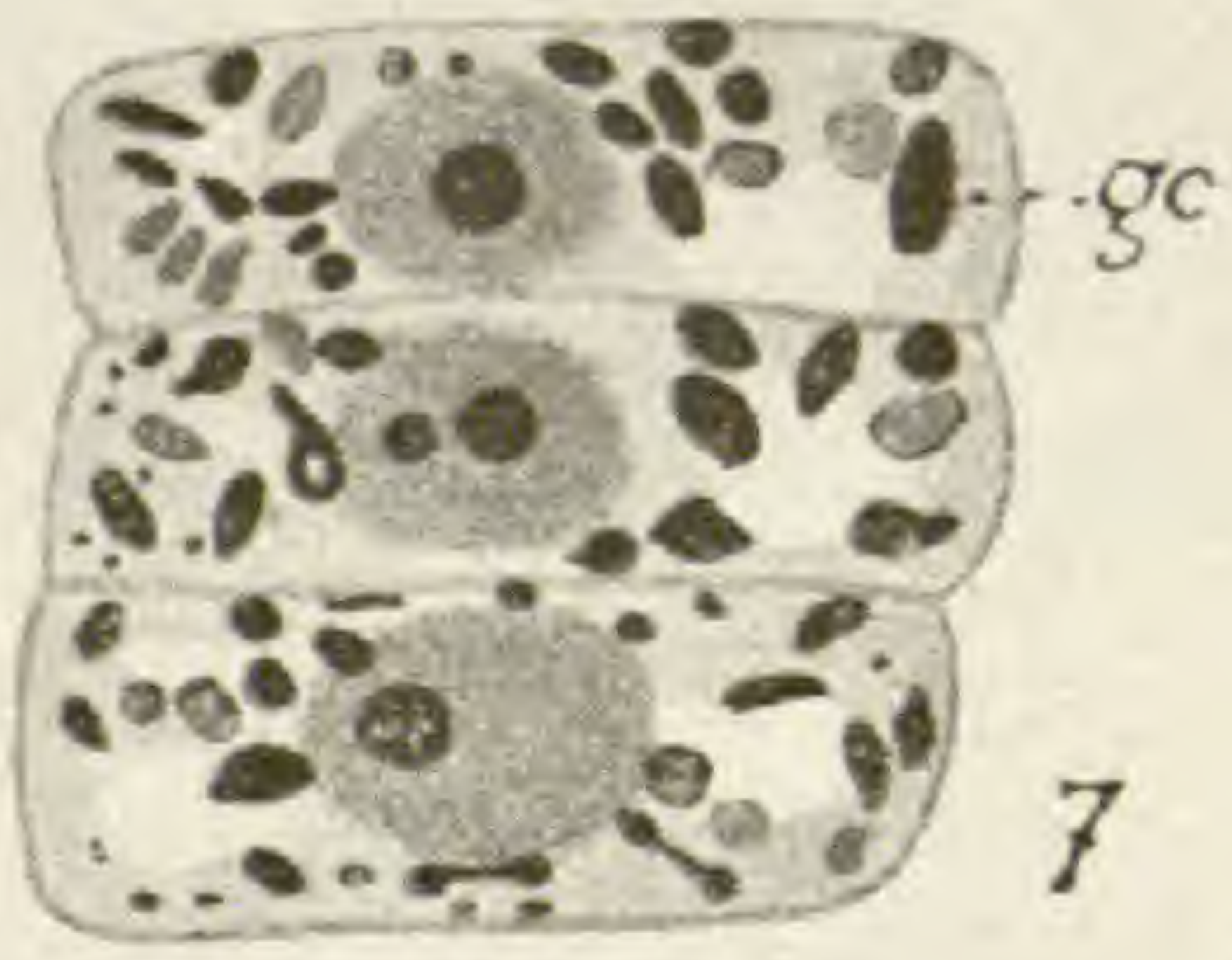
4



5



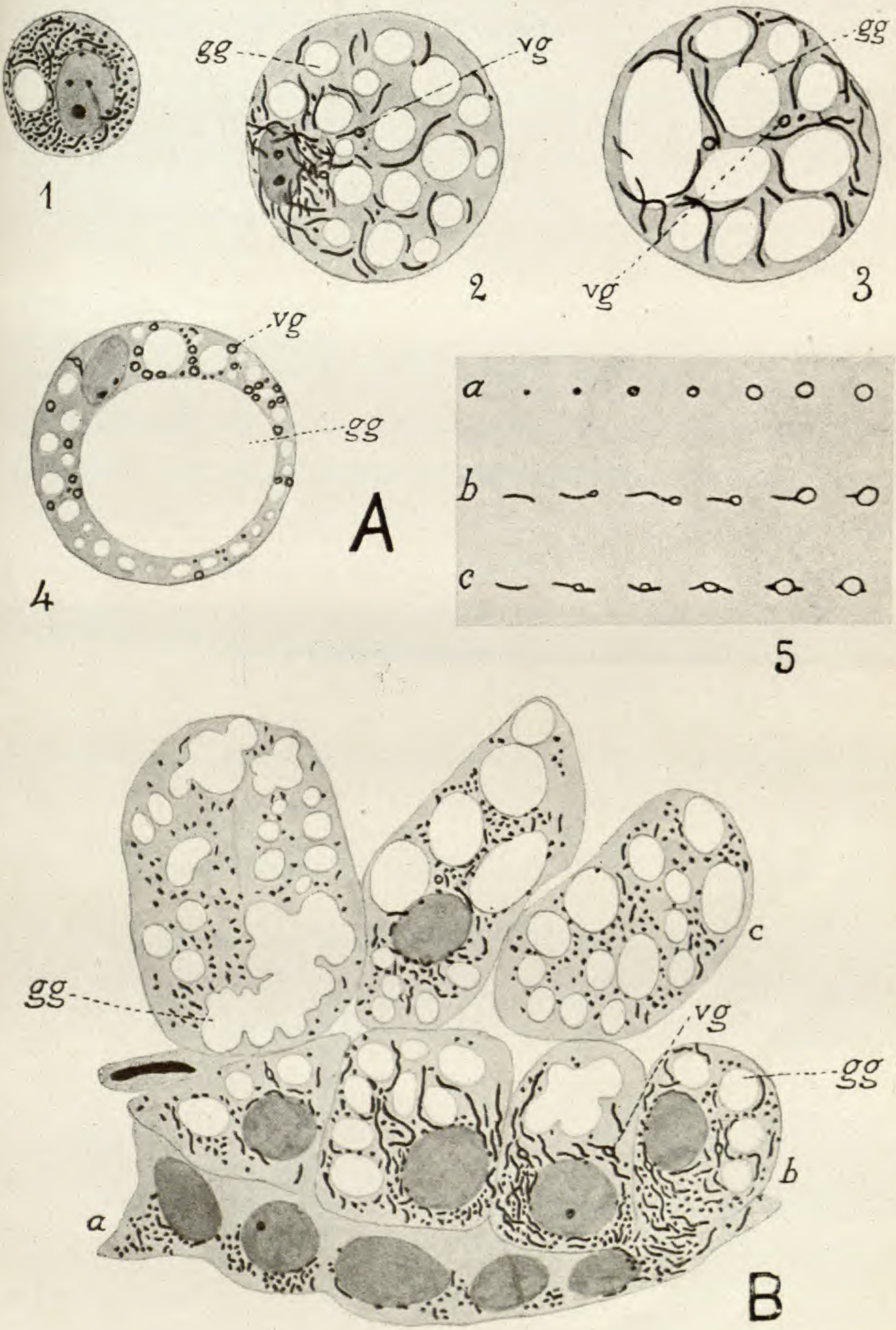
6



7

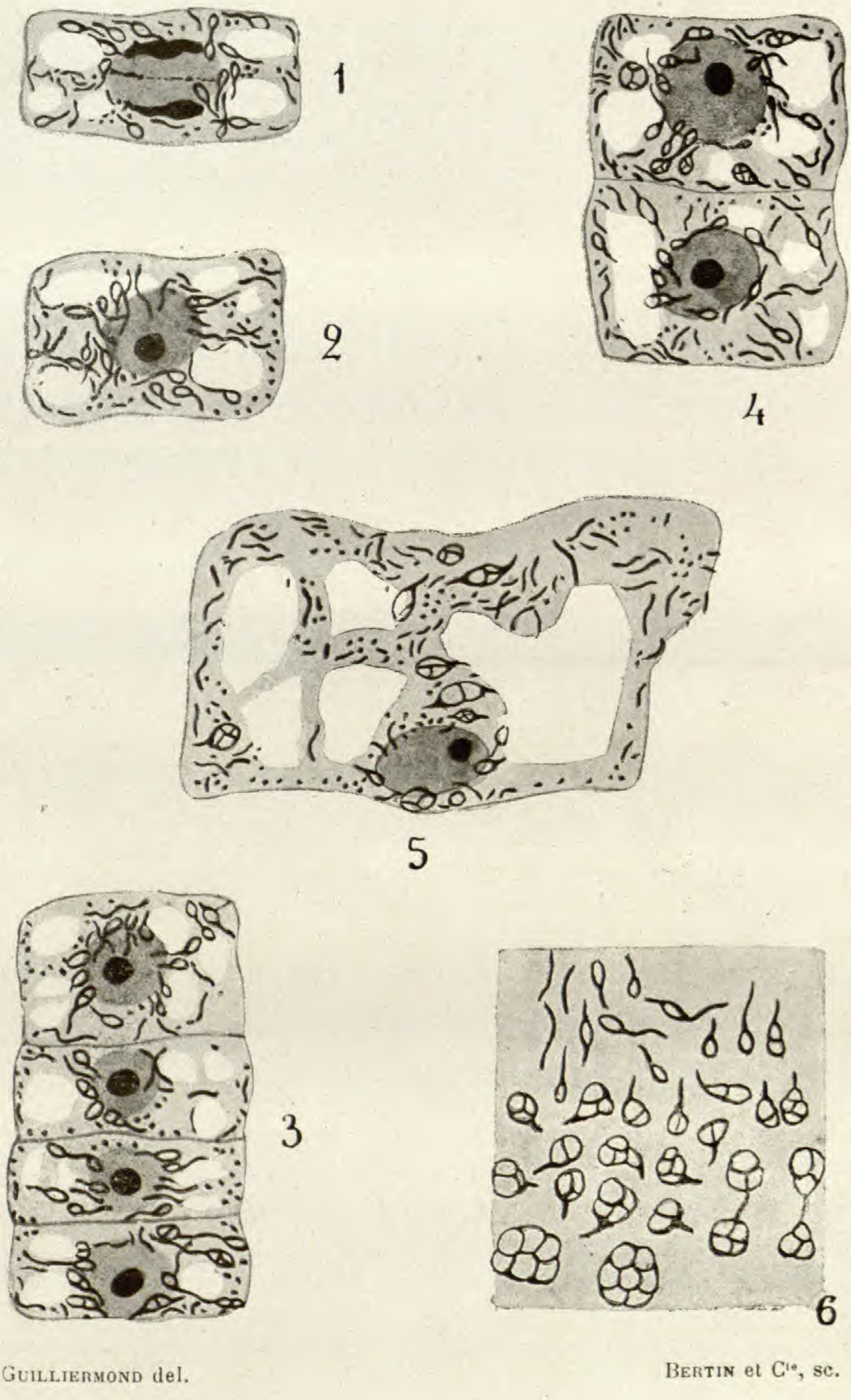
GUILLIERMOND del.^t BELTIN et C^ie, sc.

Formation des chloroplastes aux dépens des chondriocontes.


gg
vg
gg
vg
1
2
3
vg
gg
4
A
a
b
c
5
gg
c
vg
gg
b
a
B

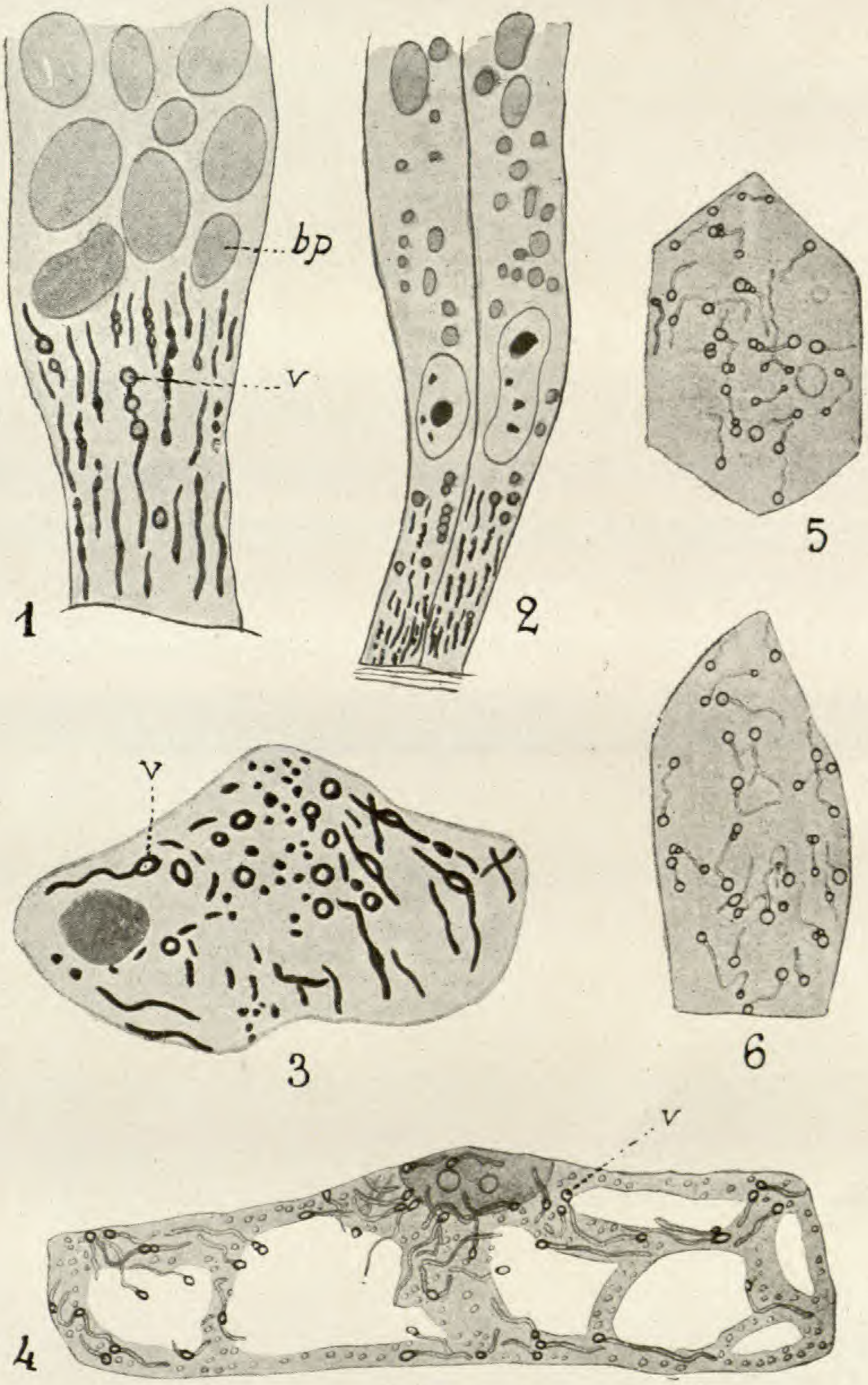
Bertin et Cie, sc.

Formation de globules graisseux au sein des chondriocontes.



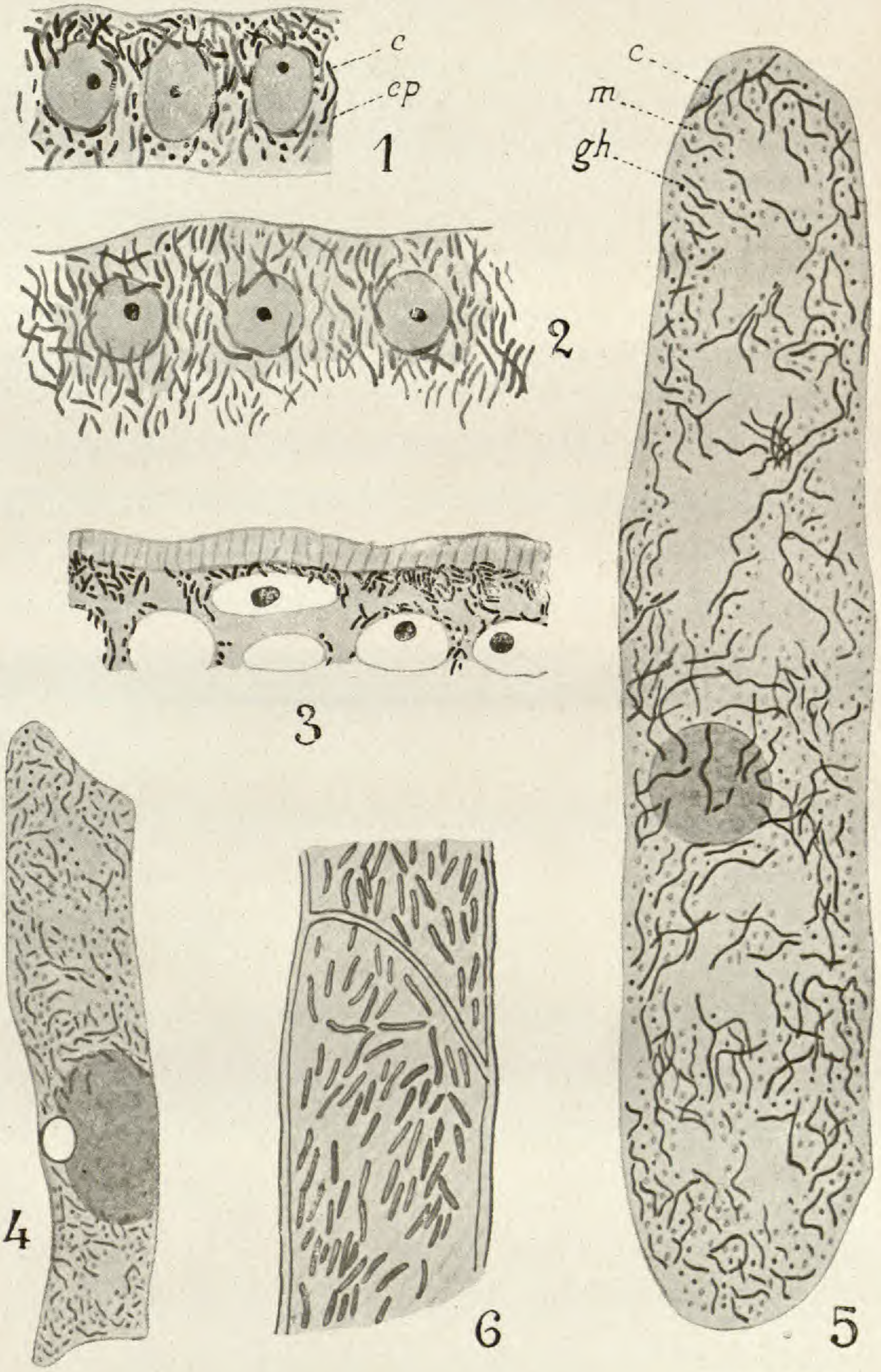
Guilliermond del. Bertin et Cie, sc.

Formation des grains d'amidon.



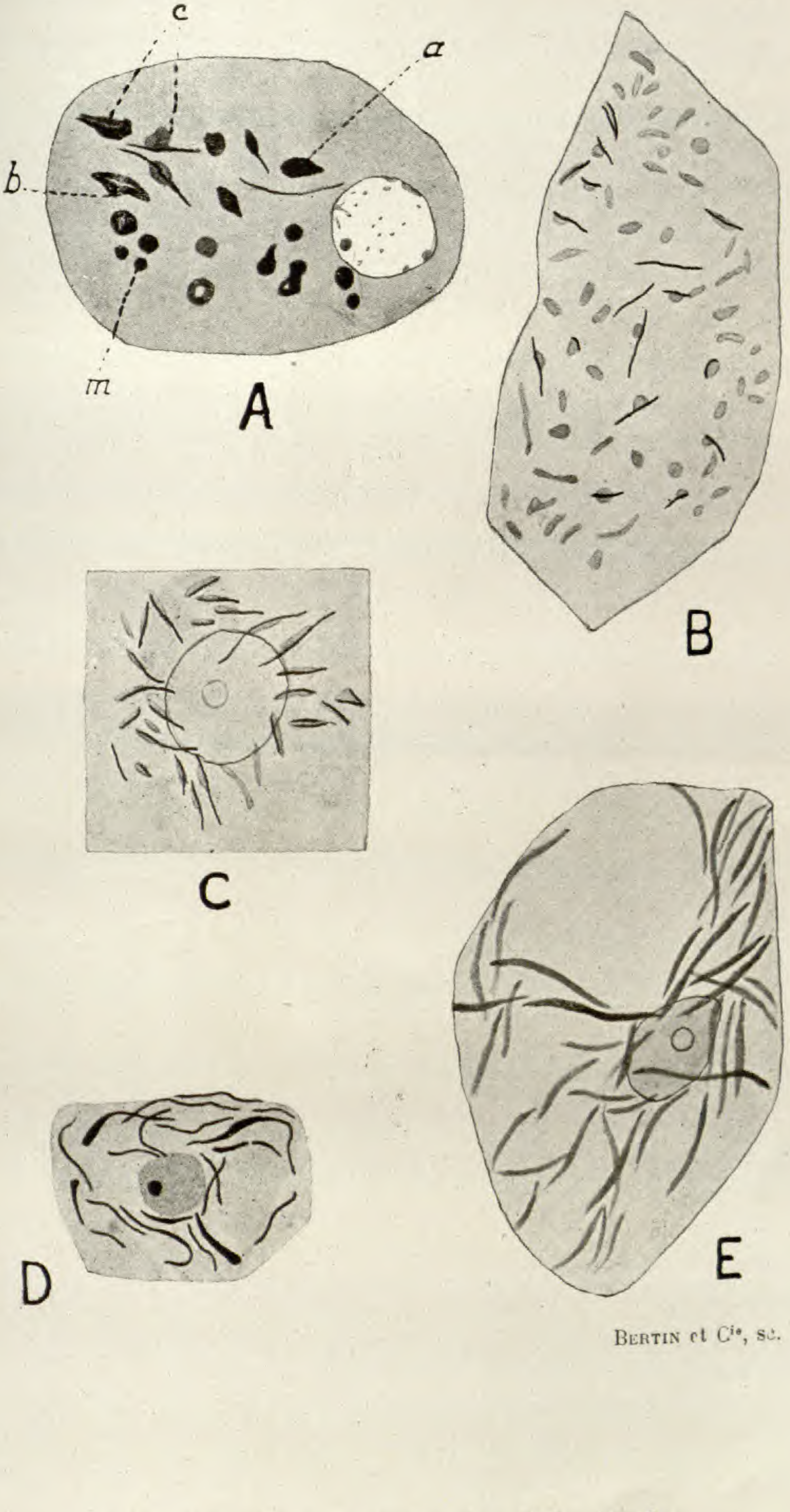
Bertin et Cie, sc.

Rôle élaborateur des mitochondries dans les cellules animales et végétales.


c
cp
1
2
3
c
m
gh
4
6
5

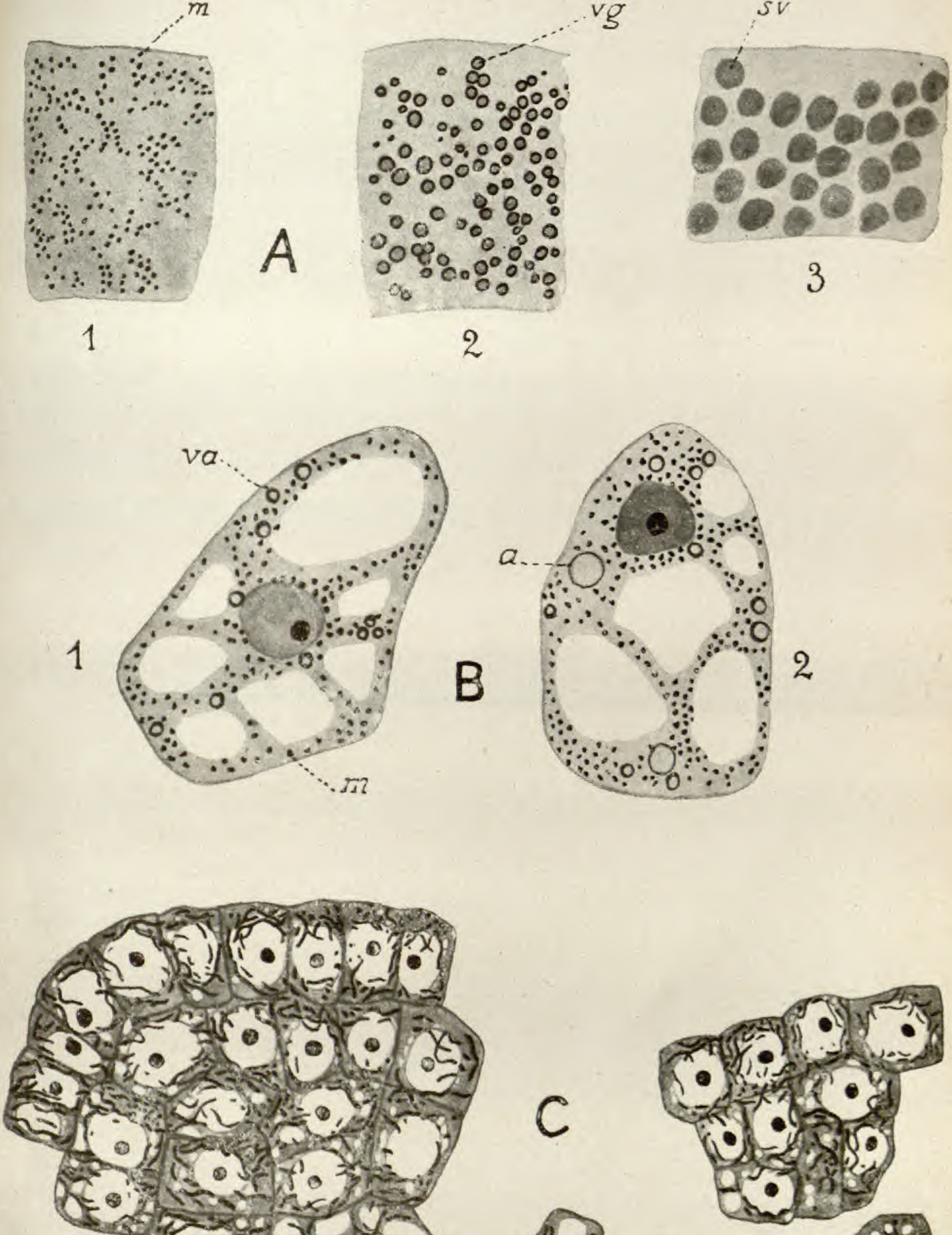
Bertin et Cie, sc.

Formation des pigments dans la cellule animale et dans la cellule végétale. I.



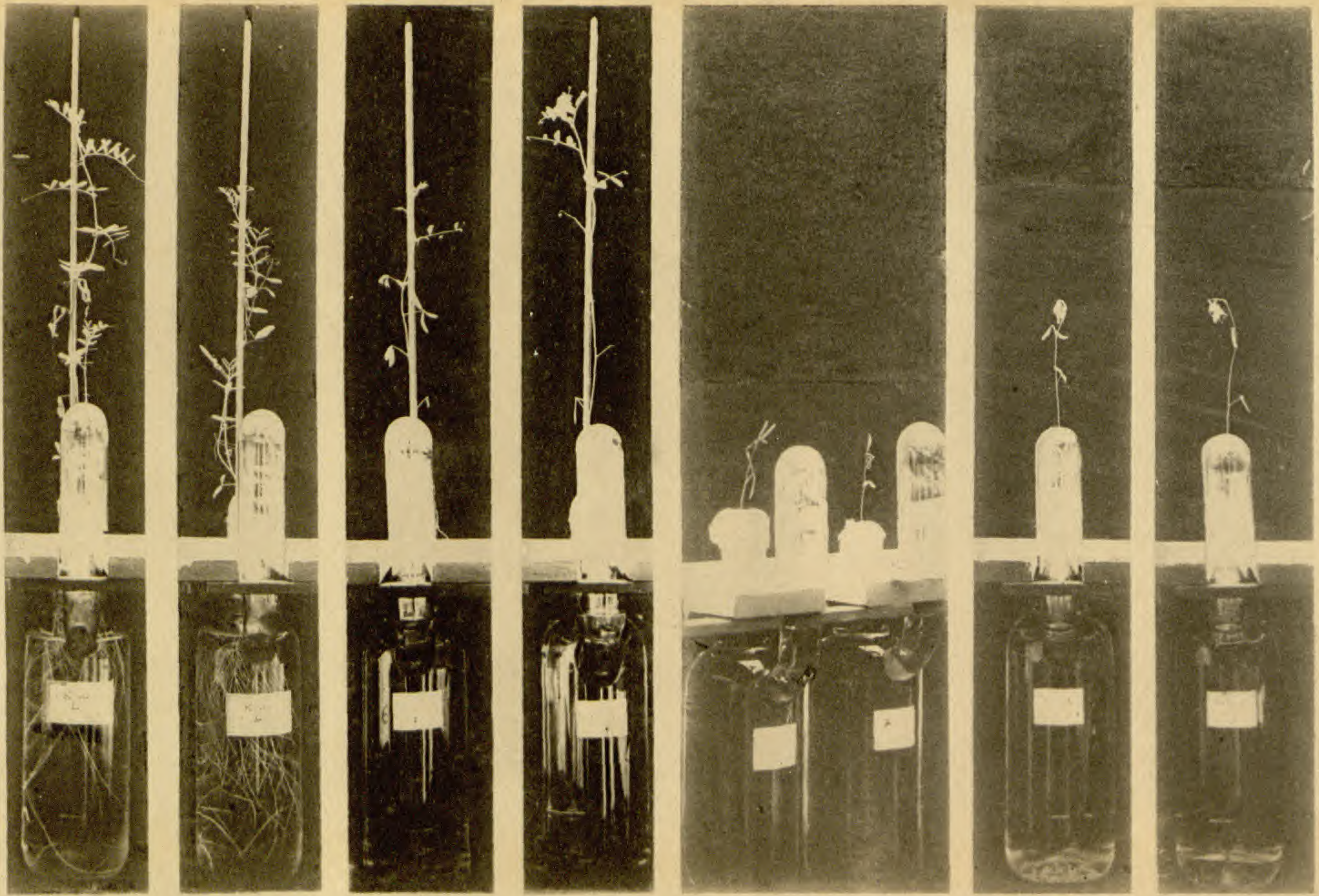
Bertin et Cie, sc.

Formation des pigments dans la cellule animale
et dans la cellule végétale. II.


m
vg
sv
A
1
2
3
va
a
1
B
2
m
C
1
2

BERTIN et C^ie, sc.

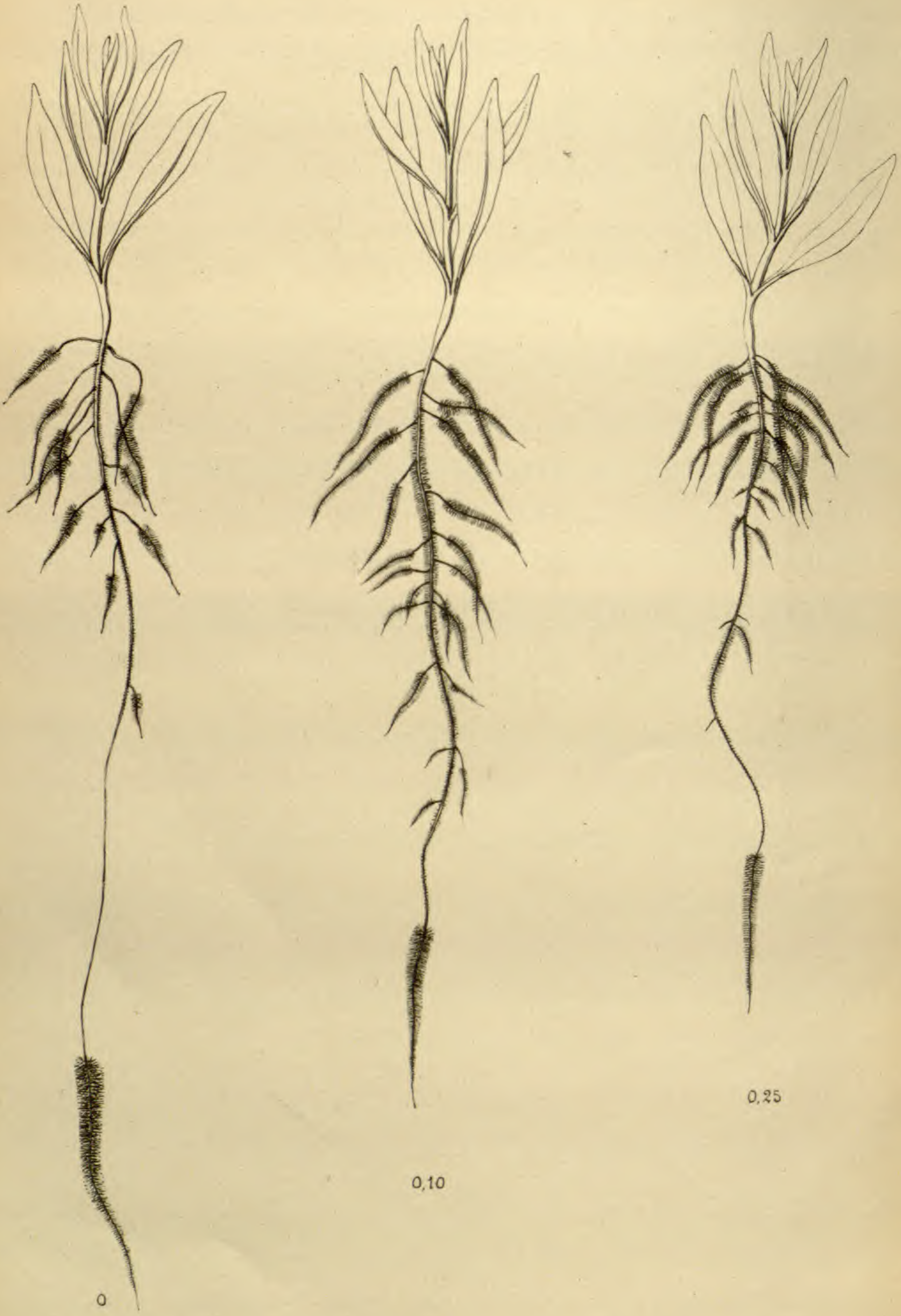
Mitochondries granuleuses en voie d'élaboration.
Evolution du chondriome et du système vacuolaire.



R. COMBES, PHOT.

Action de l'amygdaline sur le Vicia sativa

LE DELEY, IMP.



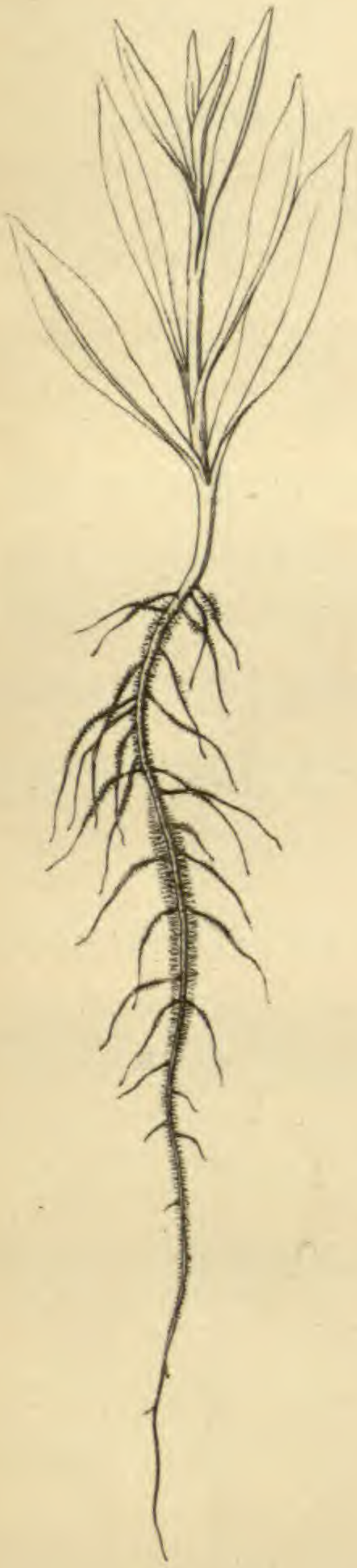
0

0,10

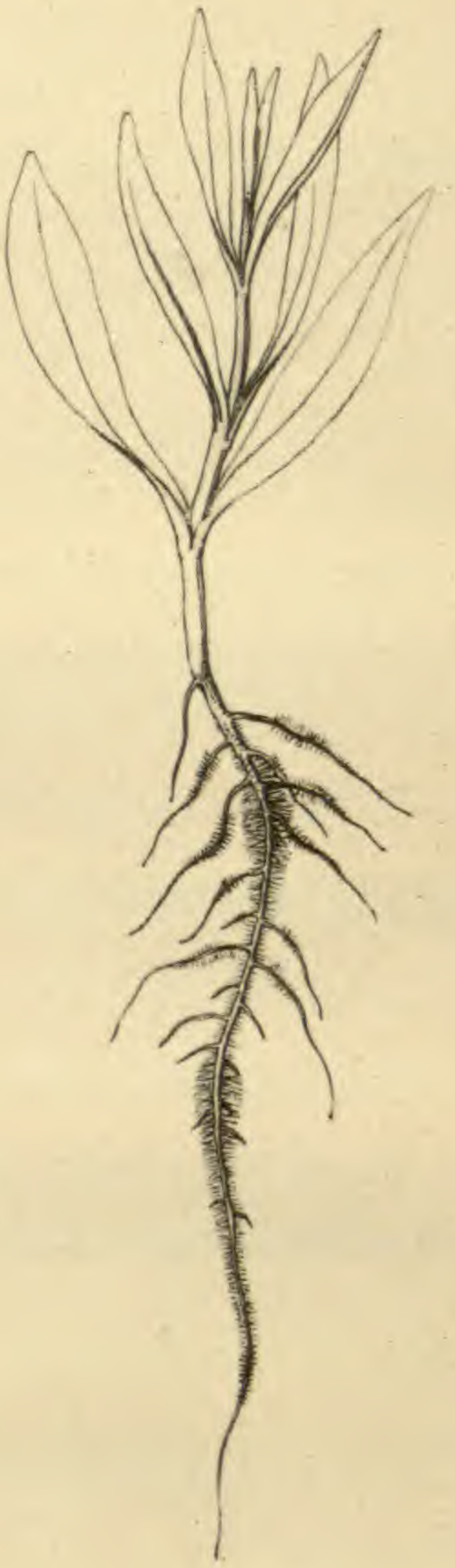
0,25

J. POINSOT, DEL.

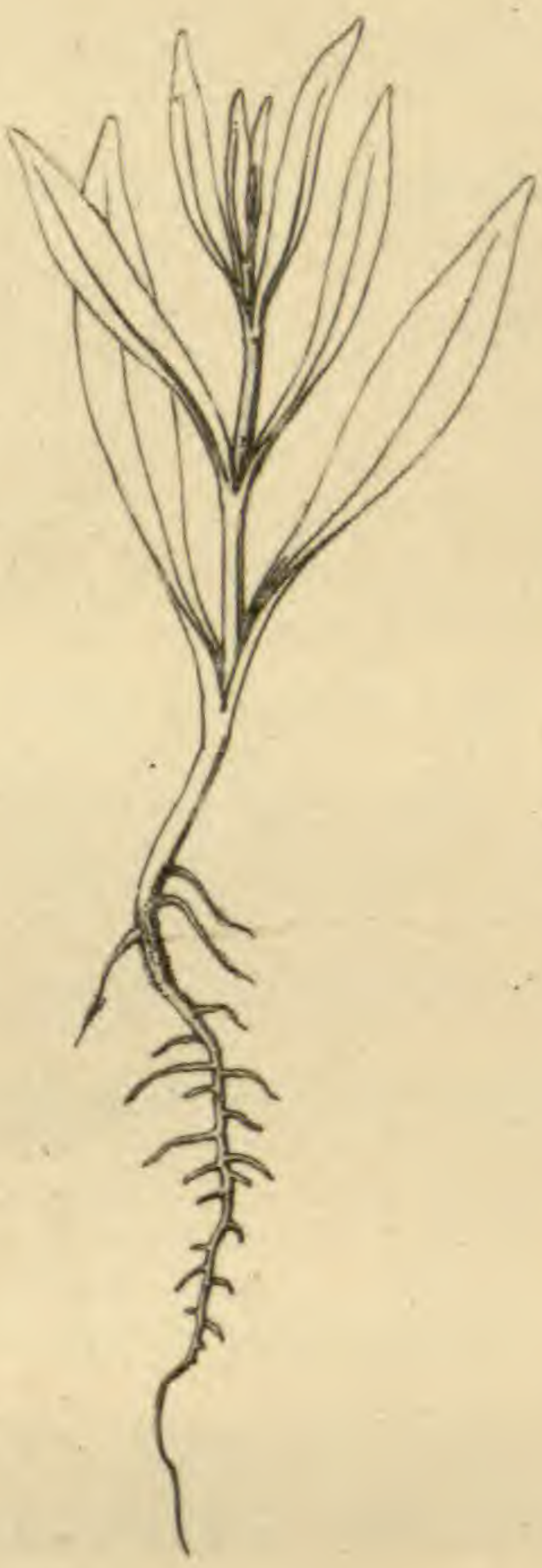
*Action de la saponine d'*Agrostemma Githago



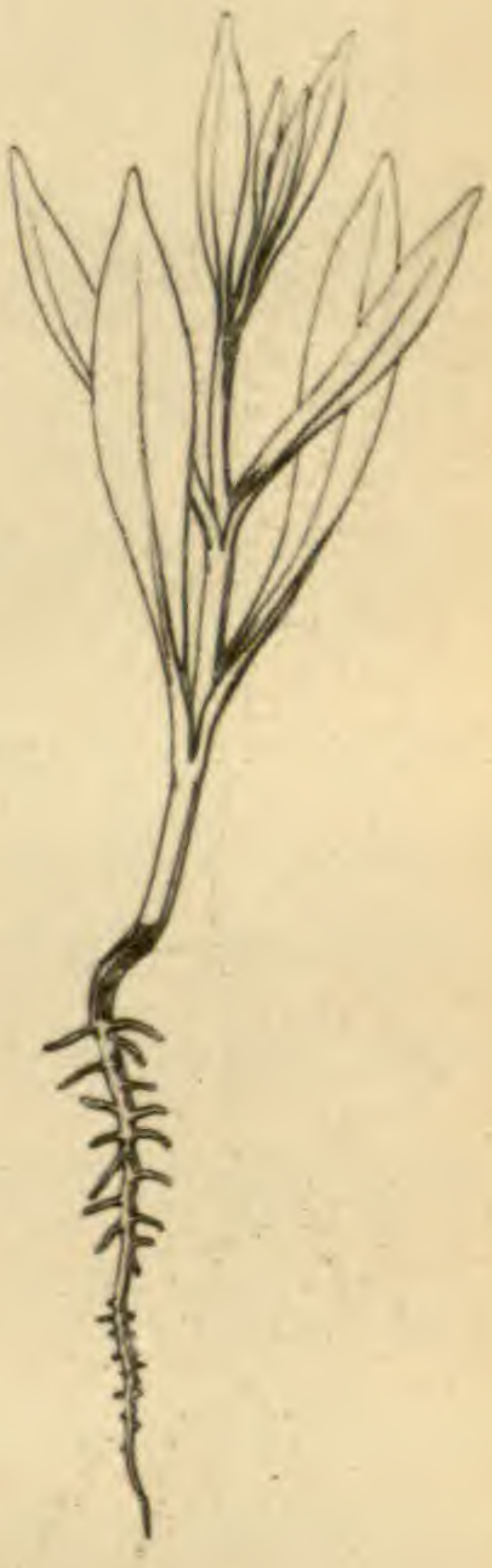
0,50



1



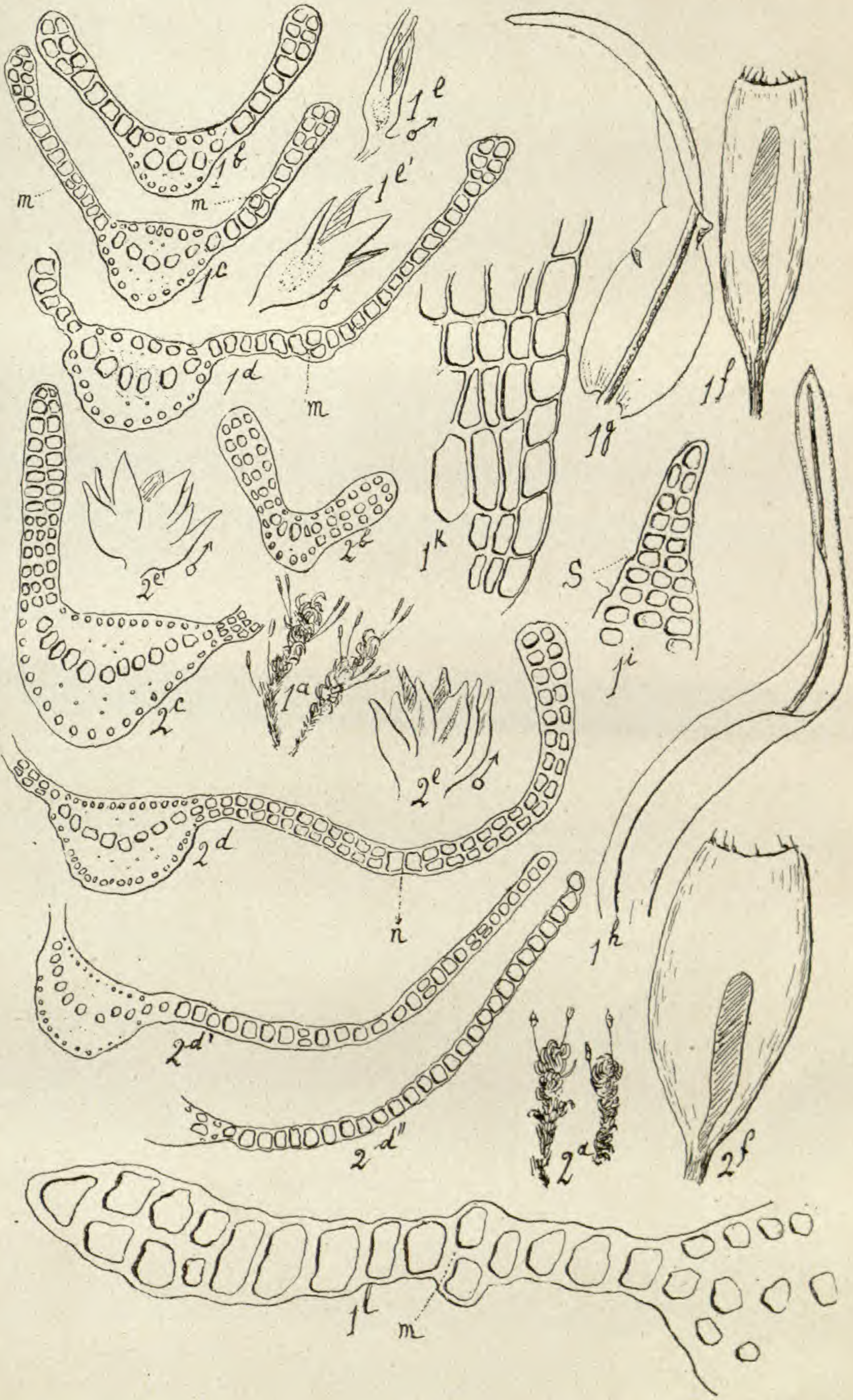
2



10

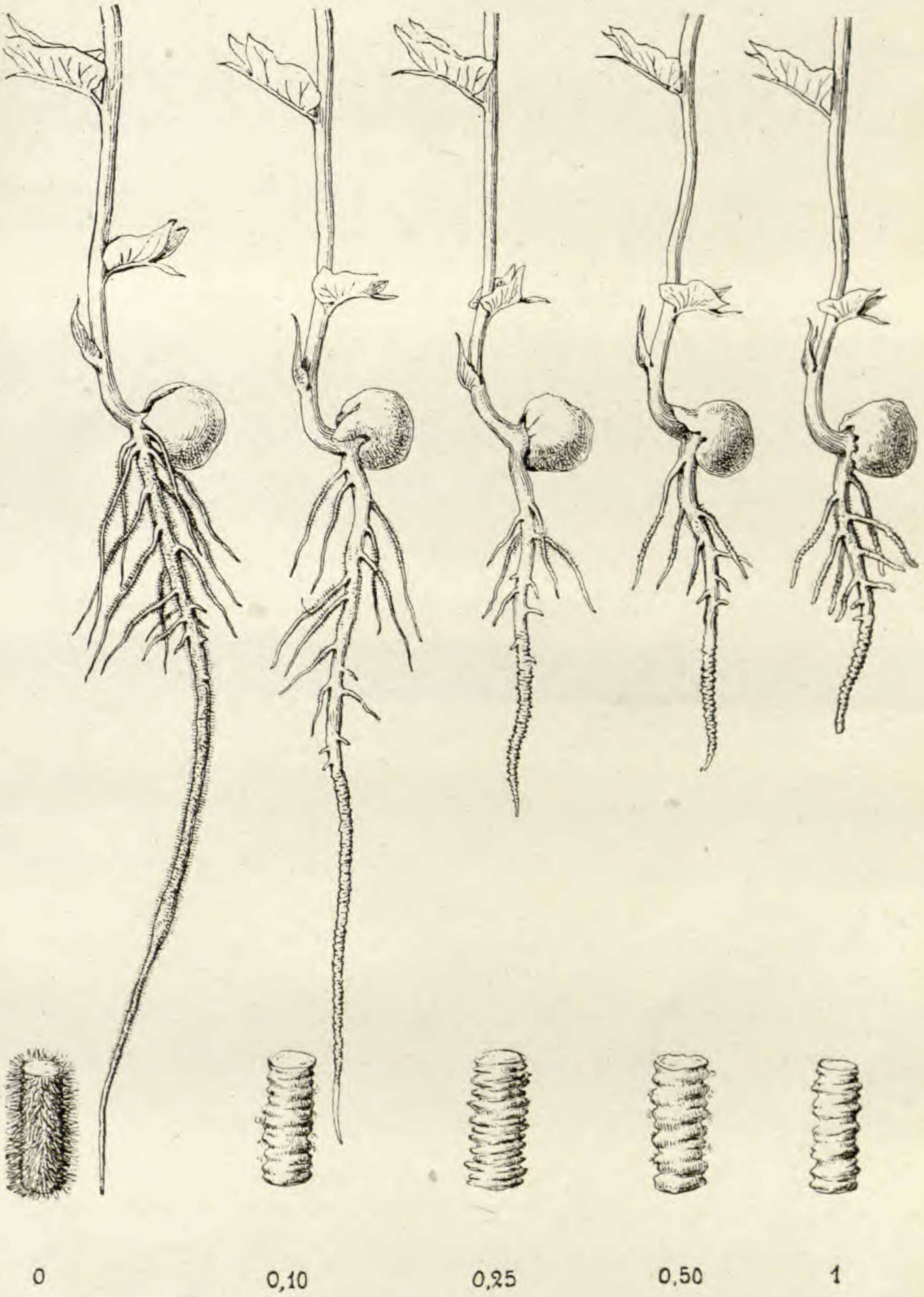
*sur l'*Agrostemma Githago

E. LE DELEY, IMP.


1b
m
m
1c
1d
m
1e ♂
1e' ♂
1f
1g
1h
1i
S
1k
1l
m
1a
2a
2b
2c
2d
n
2d'
2d''
2e ♂
2e' ♂
2f

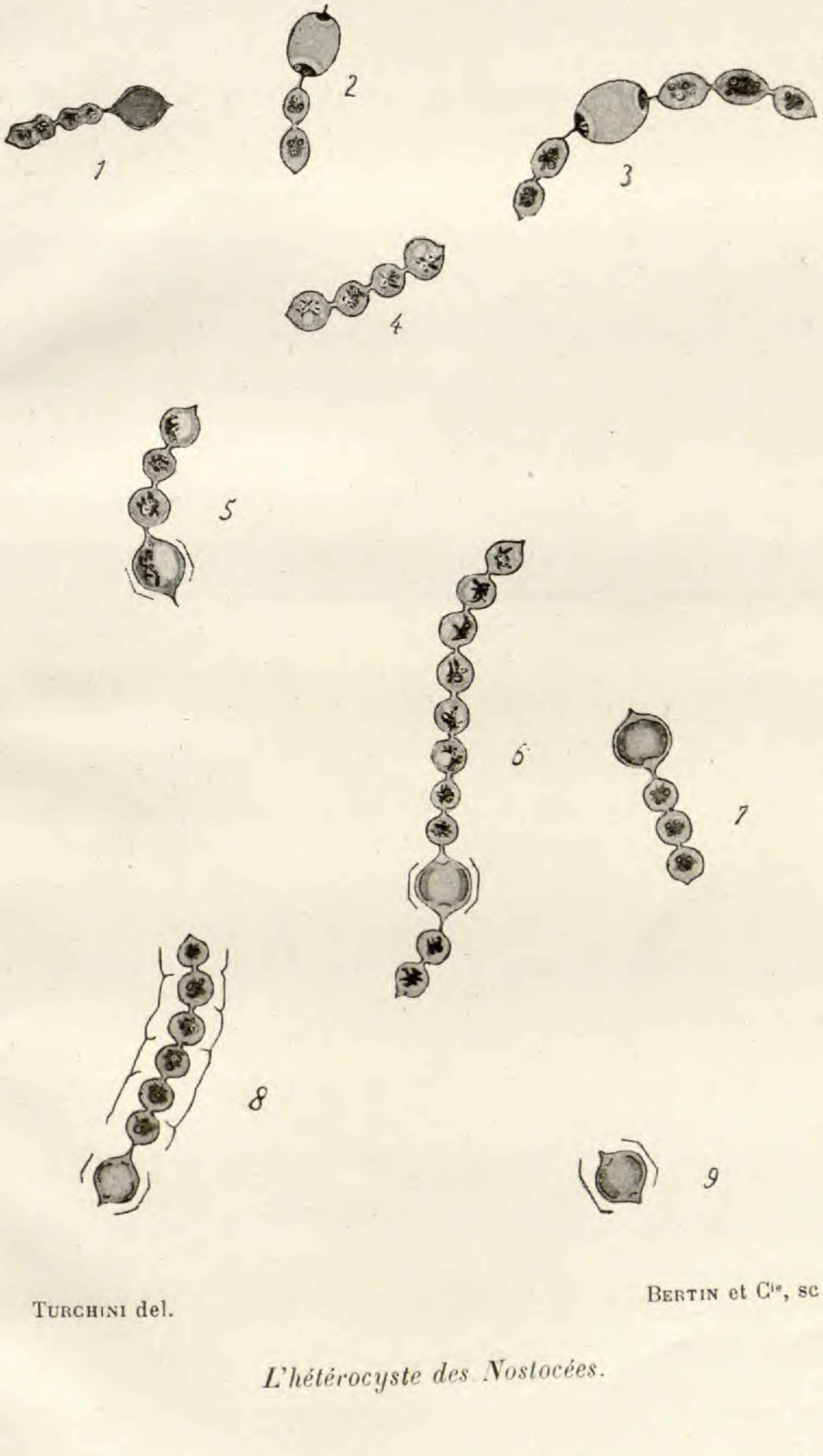
Potier de la Varde del.
Bertin et Cie sc.

Ptychomitrium subcrispatum et *crispatum*.



J. Poinsot del. Bertin et Cie, sc.

*Action de la saponine d'*Agrostemma Githago *sur le* Pisum sativum.



TURCHINI del. BERTIN et C^ie^, sc

L'hétérocyste des Nostocées.

MODE DE PUBLICATION & CONDITIONS D'ABONNEMENT

La *REVUE GÉNÉRALE DE BOTANIQUE* paraît le 15 de chaque mois et chaque livraison est composée de 32 à 64 pages avec planches et figures dans le texte.

Le prix annuel (payable d'avance) est de :

20 fr. pour Paris, les Départements et l'Algérie.
22 fr. 50 pour l'Étranger.

Aucune livraison n'est vendue séparément.

Adresser les demandes d'abonnements, mandats, etc., à M. l'Administrateur de la LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT, 4, rue Dante, à Paris.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. Gaston BONNIER, Professeur à la Sorbonne, 15, rue de l'Estrapade, Paris.

Les ouvrages, mémoires ou notes dont un exemplaire aura été adressé au Directeur de la Revue générale de Botanique, *seront résumés dans les* Notes Bibliographiques *ou signalés dans les* Récentes Publications Botaniques.

Les auteurs des travaux insérés dans la *Revue générale de Botanique* ont droit gratuitement à vingt-cinq exemplaires en tirage à part.

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

DE LA

Revue générale de Botanique

Aubert, docteur ès sciences.
Battandier, professeur à l'école de médecine d'Alger.
Beauverie, profes.-adjoint à la Faculté des Sciences de Nancy.
Berthault, docteur ès sciences.
Blaringhem, professeur au Conservatoire des Arts et Métiers.
Boergesen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.
Bonnier (Gaston), membre de l'Académie des Sciences
Boudier, correspondant de l'Institut.
Boutroux, professeur à la Faculté des Sciences de Besançon.
Briquet, professeur à l'Université de Genève.
Brocq-Rousseu, docteur ès sciences.
Buchet, préparateur à la Sorbonne.
Chauveaud, directeur-adjoint à l'École des Hautes-Etudes.
Colin (H.), professeur à l'Université catholique de Paris
Combes (Raoul), docteur ès sciences.
Costantin, membre de l'Académie des Sciences.
Coupin, chef de travaux à la Sorbonne.
Daniel, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.
Dassonville, docteur ès sciences.
Devaux, professeur à l'Université de Bordeaux.
Dop (Paul), chargé de cours à la Faculté des Sciences de Toulouse.
Dubard, professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.
Ducamp, docteur ès sciences.
Ducellier, professeur à l'Ecole d'Agriculture de Maison-Carrée (Alger).

Dufour, direct.-adjoint du Laborat. de Biologie végétale de Fontainebleau.
Eriksson (Jakob), professeur à l'Académie royale d'Agriculture de Suède.
Flahault, professeur à l'Université de Montpellier.
Flot, docteur ès sciences.
Fockeu, prof. à l'Université de Lille.
François (Louis), docteur ès sciences, chef des travaux à la Station d'essais de semences de Paris.
Friedel (Jean), Conservateur des Collections botaniques de la Sorbonne.
Gain, professeur à l'Université de Nancy.
Gallaud, docteur ès siences.
Gatin, docteur ès sciences, préparateur à la Sorbonne.
Goldberg, docteur ès sciences de l'Université de Varsovie.
Guignard, membre de l'Académie des Sciences.
Guillaumin, docteur ès sciences, préparateur au Muséum d'Histoire naturelle.
Guilliermond, chargé de conférences à la Faculté des Sciences de Lyon.
Henry, professeur à l'Ecole forestière de Nancy.
Hérissey, professeur agrégé à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.
Hervier (l'abbé Joseph).
Hickel, inspecteur des forêts.
Hochreutiner, docteur ès sciences, de l'Université de Genève.
Houard, professeur-adjoint à la Faculté des Sciences de Caen.
Houlbert, docteur ès sciences.
Hue (l'abbé), lauréat de l'Institut.
Hy (l'abbé), professeur à la Faculté catholique d'Angers.
Jaccard, professeur au Polytechnicum de Zurich.
Jacob de Cordemoy (H.), chargé de cours à l'Université de Marseille.
Janczewski (de), professeur à l'Université de Cracovie.
Jonkman, de l'Université d'Utrecht.
Jumelle, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
Kolderup-Rosenvinge, docteur ès sciences, de l'Université de Copenhague.
Kövessi, inspecteur de la viticulture de Hongrie.
Lagerheim (de), profes. de l'Université de Stockholm.
Laurent, professeur à l'Ecole de médecine de Reims.
Leclerc du Sablon, professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.
Lefèvre (J.), professeur à l'Ecole des Sciences du Havre.
Lesage, professeur à la Faculté des Sciences de Rennes.
Lothelier, docteur ès sciences.
Lubimenko, assistant au Jardin Nikita, Crimée.
Macmillan (Conway) professeur à l'Université de Minnesota.
Magnin, profes. à l'Univ. de Besançon.
Maige, prof. à l'Université de Poitiers.
Matruchot, professeur à la Sorbonne.
Mer, directeur de la Station forestière de l'Est.
Mesnard, professeur à l'Ecole de médecine de Rouen.
Mirande, professeur à l'Université de Grenoble.
Molliard, professeur à la Sorbonne.
Nicolas, docteur ès sciences, préparat. à la Faculté des Sciences d'Alger.
Palladine, professeur à l'Université de St-Pétersbourg.
Paulsen (Octave), docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.
Posternak, docteur ès sciences de l'Université de Zurich.
Poulsen, docteur ès sciences de l'Université de Copenhague.
Prianichnikov, prof. à l'Instit. agronomique de Pétrovskoë (près Moscou).
Prunet, prof. à l'Univ. de Toulouse.
Rabot (Charles), explorateur.
Ray, maître de conférences à l'Université de Lyon.
Raybaud, docteur ès sciences, préparateur a la Faculté des Sciences de Marseille.
Richter (André), assistant à l'Université de Saint-Pétersbourg.
Ricôme, maître de conférences à l'Université de Lille.
Russell (William), docteur ès sciences.
Seignette, docteur ès sciences.
Teodoresco, docteur ès sciences, professeur à l'Université de Bucarest.
Thouvenin, professeur à l'Ecole de médecine de Besançon.
Trabut, profes. à l'Ecole de médecine d'Alger.
Tswett, de l'Université de Varsovie.
Vallot (J.), directeur de l'Observatoire du Mont-Blanc.
Viala, prof. à l'Institut agronomique.
Viguier, maître de conférences à la Sorbonne.
Vries (Hugo de), professeur à l'Université d'Amsterdam.
Vuillemin, professeur à la Faculté de médecine de Nancy.
Warming, professeur à l'Université de Copenhague.

Imp. Nemourienne, Henri Bouloy.

Le Gérant : Henri Bouloy.